

**MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ**  
**TIP FAKÜLTESİ**  
**RADYODİAGNOSTİK ANABİLİM DALI**

**KAROTİS ARTER ATEROSKLEROTİK PLAKLARDA**  
**SHEARWAVE ELASTOGRAFİ**

**UZMANLIK TEZİ**

**Hazırlayan:**  
**Dr. İbrahim Anıl DEVECİ**

**Tez Danışmanı**  
**Dr. Öğretim Üyesi Fatih DÜZGÜN**

**Manisa, 2020**

## ÖNSÖZ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalında sürdürdüğüm uzmanlık eğitimim süresince verdikleri destek ve katkılarından dolayı başta tez danışmanım Dr.Öğretim Üyesi Fatih DÜZGÜN'e ve değerli hocalarımProf.Dr. İ.Şebnem ÖRGÜÇ, Prof. Dr. Gülgün YILMAZ OVALI,Prof. Dr. Cihan GÖKTAN, Prof. Dr. Serdar TARHAN,Prof.Dr. Gökhan PEKİNDİL,Prof.Dr. Yüksel PABUŞÇU'ya Prof. Dr. Mine ÖZKOL, Uzm. Öğrt.Gör. Dr. Fatma CAN'a ,

Dört yıl boyunca çalışmalarımızı uyumlu bir şekilde yürüttüğümüz, iyi ve kötü zamanlarda birbirimize destek olduğumuz asistan arkadaşlarıma ve tüm teknisyen arkadaşlarıma,

Beraber çalıştığımız Radyoloji ailesindeki tüm personel arkadaşlarıma,

Tıbbi Biyokimya anabilim dalında bilimsel içgörü ve deneyimlerini benimle paylaşan Dr. İsmail TAŞTAN ve Dr. Habib ÖZDEMİR 'e

Her zaman yanımda olan ve maddi manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve tez yazımı sırasında sevgi, sabır anlayışla her koşulda bana destek olan sevgilikız arkadaşım Sezen'e

En içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

**Dr.İbrahim  
Anıl DEVECİ  
Manisa 2020**

## İçindekiler

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| I. GİRİŞ VE AMAÇ.....                                                    | 9  |
| II. GENEL BİLGİLER .....                                                 | 11 |
| 2.1. Ultrason Elastografisi .....                                        | 11 |
| 2.2. Sonoelastografide Kullanılan Teknikler .....                        | 12 |
| 2.2.1. Dinamik Yöntemler .....                                           | 13 |
| 2.2.2. Shear Wave Elastografi .....                                      | 13 |
| 2.2.3. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) Tekniği.....              | 15 |
| 2.2.4. Yarı Statik Yöntemler.....                                        | 16 |
| 2.3. Karotis Arter Anatomisi.....                                        | 17 |
| 2.3.1. İnternal Karotis Arter.....                                       | 18 |
| 2.3.2. Eksternal Karotid Arter.....                                      | 19 |
| 2.4. Serebrovasküler Hastalıklar .....                                   | 20 |
| 2.5. Ateroskleroz ve Karotis Arter Stenozu.....                          | 20 |
| 2.5.1. Aterosklerotik risk faktörleri.....                               | 22 |
| 2.6. Karotis Arter Stenozu Tanısı .....                                  | 26 |
| 2.6.1. Renkli Doppler Ultrasonografi .....                               | 27 |
| 2.6.2. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA) ve Diğer Yöntemler ..... | 28 |
| 2.7. Shear Wave Elastografinin Karotis Plaklarında Kullanımı.....        | 29 |
| III. GEREÇ VE YÖNTEM .....                                               | 30 |
| 3.1. Çalışma Şekli .....                                                 | 30 |
| 3.2. Hasta Seçimi.....                                                   | 30 |
| 3.3. İnceleme Tekniği ve Çalışma Protokolü Değerlendirilmesi .....       | 30 |
| 3.4. Değerlendirmede Kullanılan Ölçekler .....                           | 33 |
| 3.4.1. Karotis Arter Stenozunun Sonografik Derecelendirmesi .....        | 33 |
| 3.5. İstatistiki Analiz .....                                            | 33 |
| IV. BULGULAR.....                                                        | 33 |
| V. TARTIŞMA .....                                                        | 40 |

|       |                      |    |
|-------|----------------------|----|
| VI.   | SONUÇ.....           | 43 |
| VII.  | ÖZET .....           | 44 |
| VIII. | İNGİLİZCE ÖZET ..... | 45 |
| IX.   | KAYNAKLAR .....      | 47 |



## KISALTMALAR

|                |                                           |
|----------------|-------------------------------------------|
| <b>SWE</b>     | :Shear Wave Elastografi                   |
| <b>USG</b>     | :Ultrasonografi                           |
| <b>SE</b>      | :Sonoelastografi                          |
| <b>ARFI</b>    | :Acoustic Radiation Force Impulse Imaging |
| <b>SW</b>      | :Shear Wave                               |
| <b>TE</b>      | :Transient Elastografi                    |
| <b>kpa</b>     | :Kilopaskal                               |
| <b>ROI</b>     | :İlgilenilen Alan Bölgesi                 |
| <b>CCA</b>     | :Ortak Karotid Arter                      |
| <b>ECA</b>     | :Eksternal Karotid Arter                  |
| <b>ICA</b>     | :Internal Karotid Arter                   |
| <b>ACA</b>     | :Anterior Serebral Arter                  |
| <b>PKOM</b>    | :Posterior Kominikan Arter                |
| <b>OSA</b>     | :Orta Serebral Arter                      |
| <b>ASA</b>     | :Anterior Serebral Arter                  |
| <b>PSA</b>     | :Posterior Serebral Arter                 |
| <b>MCA</b>     | :Orta Serebral Arter                      |
| <b>PICA</b>    | :Posterior Inferior Serebellar Arter      |
| <b>AISA</b>    | :Anterior Inferior Serebellar Arter       |
| <b>SSA</b>     | :Superior Serebellar Arter                |
| <b>SVH</b>     | :Serebrovasküler Hastalık                 |
| <b>TIA/GIA</b> | :Geçici İskemik Atak                      |

|               |                                                   |
|---------------|---------------------------------------------------|
| <b>WSS</b>    | :Arterial Duvar Stresi                            |
| <b>VA</b>     | :Vertebral Arter                                  |
| <b>PSS</b>    | :Plak duvar stresi                                |
| <b>HDL</b>    | :Yüksek yoğunluklu lipoprotein                    |
| <b>NASCET</b> | :Kuzey Amerika Semptomatik Karotid Enderterektomi |
| <b>ECST</b>   | :European Carotid Surgery Trial                   |
| <b>RDUS</b>   | :Renkli Doppler ultrasonografi                    |
| <b>İMK</b>    | :İntima-media kalınlığı                           |
| <b>BTA</b>    | :Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi               |
| <b>MRA</b>    | :Manyetik Rezonans Anjiyografi                    |
| <b>DSA</b>    | :Dijital Çıkartma Anjiyografisi                   |
| <b>PSV</b>    | :Peak Sistolik Hız                                |
| <b>EDV</b>    | :Diastol Sonu Hız                                 |
| <b>BMI</b>    | :Vücut Kitle İndeksi                              |
| <b>KAH</b>    | :Koroner Arter Hastalığı                          |
| <b>VLDL</b>   | :Very low density lipoprotein                     |
| <b>IDL</b>    | :Intermediate density lipoprotein                 |
| <b>PACS</b>   | :Resim Arşivleme Komünikasyon Sistemi             |
| <b>SVO</b>    | :Serebrovasküler Olay                             |
| <b>PAI -1</b> | :Plazminojen aktivator inhibitör                  |
| <b>DM</b>     | : Diabetes Mellitus                               |
| <b>HT</b>     | : Hipertansiyon                                   |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1 Shear Wave Ölçümü ve ROI yerleştirme .....                            | 15 |
| Şekil 2 Karotis Arterlerin şematik anatomik görüntüsü .....                   | 18 |
| Şekil 3 NASCET kriterlerine göre darlık hesaplama .....                       | 27 |
| Şekil 4 ICA içerisindeki plak yapısının USG görüntüsü (OLGU NO 3).....        | 31 |
| Şekil 5 Doppler USG ile darlık derecesi ölçümü(OLGU NO 7) .....               | 32 |
| Şekil 6 Karotid plak SWE görüntüsü (OLGU NO 6).....                           | 32 |
| Şekil 7 SWE ortalama Değerleri.....                                           | 36 |
| Şekil 8 Semptomatik ve Asemptomatik Hastalarda Plak Sertliği Dağılımı .....   | 36 |
| Şekil 9 Hasta verileri hastaları 1 ila 33 arasında numaralandırılmıştır. .... | 39 |



## TABLÖLAR DİZİNİ

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 1: Grey Weale Sınıflaması .....                                             | 22 |
| Tablo 2: İCA darlıklarında ‘Society of Radiologist in Ultrasound’ kriterleri .... | 28 |
| Tablo 3 Laboratuar ve Klinik Bilgiler .....                                       | 34 |
| Tablo 4 Hastaların Darlık Dereceleri.....                                         | 34 |
| Tablo 5: Karotid Plakların SWE ölçümleri .....                                    | 35 |
| Tablo 6: Tüm verilerin 'p' değerleri.....                                         | 37 |





## I. GİRİŞ VE AMAÇ

Karotis arter plakları inme için en önemli risk faktörü olarak kabul edilmektedir. İnme dünya çapında ölüm ve yetişkin komorbiditesinin önde gelen bir nedenidir. Karotis plaklarında %70 ve üzeri darlıklarda endarterektomi uygulanmakta ancak orta ve düşük dereceli darlık yaratan plaklarda klinik yaklaşım ve tartışmalar devam etmektedir. Shear Wave Elastografi (SWE) yeni kullanılmaya başlanan bir görüntüleme yöntemi olup, doku elastisitesini non-invaziv yolla ölçer. Akustik radyasyon dalgasını kullanarak 'shear dalgalarını' üretir ve dalga yayılım modeli olarak Young Modülü aracılığıyla 'shear ' dalgalarının yayılım hızını ölçer(1). Daha önce tiroid, meme, prostat vb. dokular değerlendirilmiş, fakat karotis arter plaklarında ve diğer damarsal yapılardaki çalışmalar çok yaygın olarak yapılmamıştır. Karotis arter plaklarının görüntülemek plakların küçük olması, değişken morfolojiye sahip olması, arteriyel pulsasyon hareketi, heterojen bir dokuyla çevrelenmiş olması gibi sebeplerden dolayı zordur(2). Bu zorluklara rağmen önceki in vitro çalışmalar Young modülünün SWE tahminleri damar stenozu fantom modellerinde uygulanabilir olduğu gösterilmiştir(3). Yumuşak ve sert bölgeleri iyi tekrarlanabilirlik ile ayırt edebilmektedir. Ultrasonografi (USG) ve renkli doppler ultrasonografi (RDUS) incelemelerde plağın yarattığı darlık ve morfoloji hakkında bilgi sağlanırken; plağın kırılabilirliği, plak yapısı ve unstabilitesi hakkındaki bilgiler sınırlıdır. SWE işte tamda bu noktada USG ve RDUS incelemeye ek olarak plak bileşimini ve yapısını tanımlamada sertliği ölçerek değerlendirme gücünü arttırmaktadır(3,4).

Bu klinik çalışmamızda SWE görüntülemenin Young modülünü kullanarak Karotis plaklarındaki temsil edilen sertlik değerleri ile risk gruplarının, klinik bulguların ve demografik verilerin karşılaştırılması ve potansiyel klinik faydasının gösterilmesi hedef alınmıştır.



## II. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Ultrason Elastografisi

Elastografi doku anormalliğinin saptanmasında kullanılan etkili bir yöntem olup, doku sertliği ve elastikiyetindeki değişikliklerin saptanmasına dayanarak geleneksel görüntüleme yöntemleri normal bile olsa hastalığın erken belirtisini saptayabilir. Bu görüntüleme yöntemi doku sertliğini Non-Invaziv biçimde değerlendirir(5). Doku sertliği tanımı çok eskilere dayanmaktadır. Palpasyon, tıp tarihinde kullanılan bir fizik muayene metodu olup; eski Mısırlılar döneminde M.Ö 2600 yıllarından beri kullanılmaktadır. Palpasyonda parmaklar dokuyu aşağı doğru kaydırır ve bu esnada parmak derisindeki basınç reseptörleri sertliği ve doku esnekliğini algılar(5). Temel prensipte nesne fiziksel olarak onu çevreleyen dokudan daha sert olmalıdır. Parmak uçlarındaki reseptörler farklı noktalardaki stres seviyelerini sert dokularda daha yüksek , yumuşak dokularda ise daha düşük seviyede saptar(6). Bu şekilde dokuya uygulanan bir kuvvete karşı cevabını hesaplayarak elastikiyet ve sertlik ölçümü yapılabilir. Kolay ve uygulanabilir olması, maliyetindüşüklüğü ve zararsız olmasından ötürü USG ile birlikte günümüzde kullanımı yaygındır. Tiroid, meme, prostat, lenf bezleri, karaciğer, böbrek ve pankreas gibi dokulardaki kullanımıyla ilgili çalışmalar güncelliğini sürdürmektedir(6).

USG ile elastografinin beraber kullanılabilmesi için cihazlarına mekanik destek ve yazılım gerekmektedir. Sonoelastografi(SE) literatürde birçok kavram ile ilişkilidir. Bunlar 'stifness', 'strain', 'shear wave (SW)' Acoustic Radiation Force Impulse Imaging (ARFI), SWE ve 'Transient Elastografi (TE)' olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu kavramları inceleyecek olursak; 'stifness' tamamlayıcı konsepti esneklik olan, dokunun sertliğini ve dış kuvvetlere karşı deformasyona karşı koyma direncini gösterir. 'Strain' ise daha çok gerinimi temsil eder. Dokunun dışardan uygulanan kuvvet sonucu oluşan hareketidir. 'Shear wave' ise elastik bir dalga olarak karşımıza çıkar ve bu dalga'nın akustik radyasyon

kuvveti ile uyarılmasından sonra uygulanan kuvvete dik olarak laterale doğru hareket ederler.'Acoustic Radiation Force Impulse Imaging (ARFI)' akustik radyasyon kuvveti ile dokuları uyarıp ortaya çıkan elastik dalgaların hızını ölçer.'Shear Wave Elastografi (SWE)' dokularda oluşan shear dalgalarının hızını ölçer.'Transient Elastografi(TE) ise geçici elastografi anlamına gelir.Geçici elastografi doku sertliğinin kantitatif 1D (yani bir çizgi) görüntüsünü verir. Dokuda bir geçiş distorsiyonu oluşturmak için cildi bir motorla titreştirerek ve bu distorsiyonun hareketini, 1D ultrason ışını kullanarak vücuda daha derin bir şekilde geçerken görüntüleyerek işlem görür. Daha sonra kantitatif bir doku sertliği verisi oluşturulur. Bu teknik esas olarak karaciğer değerlendirmesinde kullanılır(6). SE ilk zamanlar sadece yüzeysel dokularda kullanılırken farklı tekniklerin ortaya çıkması sonucunda abdomen ve diğer derin yerleşimli anatomik yapılarda kullanılmasını sağlamıştır(7).

## **2.2. Sonoelastografide Kullanılan Teknikler**

SE temel olarak dokuya uygulanan dış kuvvet ile dokunun uygulanan bu kuvvet sonucu yer değişimi ve deformasyonunun, kuvvete verdiği yanıtın ve çevre dokulardaki değişikliklerin ölçülmesi prensibine dayanır.Dokuların verdiği yanıt dokunun sertliği ve elastikiyetine göre değişir.Elde edilen veri ve elastogramların oluşturulmasında dokuların elastisite verilerinin Young Modülü'ne göre dağılımı kullanılır(3,8).

Young Modülü dış bası ile uyarılan dokunun dikey plandaki iç geriniminin sonografik olarak gösterilmesinde kullanılır.Elde edilen elastogramlar genellikle siyah beyaz veya ikisinin kombinasyonu şeklinde olup US cihazı ekranında gerçek zamanlı olarak izlenebilir.Günümüzde dokuların strain(gerinim) değerlerinin karşılaştırıldığı yarı kantitatif yöntemler ile ARFI,SWE ve TE gibi shear dalgası yayılım hızı ölçümünün yapılabilirdiği ve doku sertliğinin yine shear dalgasını ölçerek kilo Paskal(kPa) ile ifade edildiği SWE gibi kantitatif yöntemler kullanılmaktadır(6). Yarı-statik ve dinamik yöntemler işlem sırasında kullanılan kuvvete ve sinyal elde etme

biçimine göre değişir.Yarı-statik yöntemlerde prob yardımıyla dokular mekanik olarak uyarılırken,dinamik SE tekniğinde ise doku başka bir kuvvete ihtiyaç duymadan probun oluşturduğu akustik dalgalarla uyarılmaktadır.Her iki yöntemde dokuların uyarana verdiği yanıtı farklı biçimde ölçer.Strain Elastografi yarı-statik diğer inceleyeceğimiz yöntemler ise dinamik USG elastografi yöntemleridir.

### **2.2.1. Dinamik Yöntemler**

Dinamik elastografi yöntemleri temel prensip olarak dokuların akustik impulslar ya da titreşim dalgaları ile kuvvete maruz bırakılması ve kuvvet sonucu dokulardaki oluşan SW hızının ölçülmesidir.Shear dalgaları ultrason dalgalarına benzer özelliktedir.Mekanik dalgalardır ve yumuşak dokularda yayılırlar(8).Shear dalgaları kompresyon düzlemine dik olarak laterale doğru tıpkı su dalgaları gibi hareket ederler ve dokunun bu esnadaki aşağı yukarı olan hareketi sonografik dalgalarla tespit edilir.Sheardalgalarının hızı ölçülür.Shear dalgalarının hızı (1-10 m/sn) sonografikdalgalardan(1540 m/sn) düşüktür ve yayılım için elastik bir ortama ihtiyaç duyarlar.

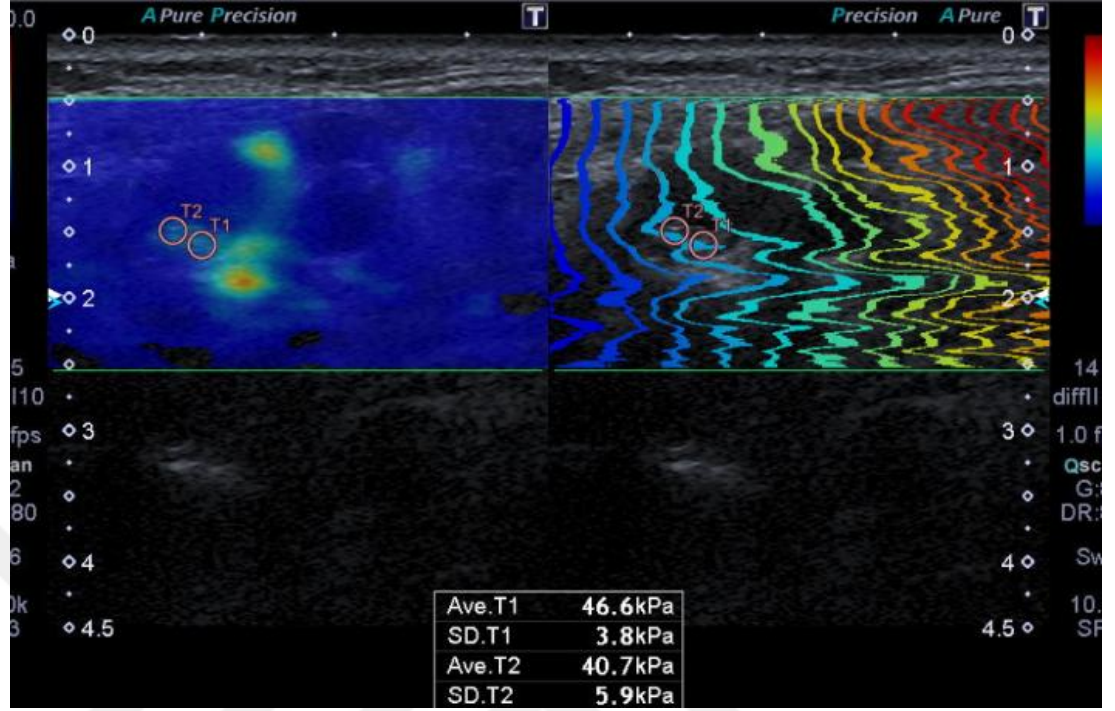
### **2.2.2. Shear Wave Elastografi**

Shear wave elastografi ile iki ya da üç boyutlu görüntüler elde edilebilir.Buteknikte incelenen derinliktekidokuya odaklanmış olarak akustik dalgalar gönderilir ve dokuda oluşan shear dalgalarının yayılım hızı ölçülür.Shear dalgalarının ilerleyişinin saptanması ultrason görüntülerinin çok hızlı bir şekilde işlenmesi ile gerçekleşir.Bu yolla veriler birkaç milisaniyede elde edilir.Odaklanmış Ultrason ışınları tarafından üretilen akustik radyasyon kuvvetinden gelen dokuda kesme dalgaları oluşturulur.Daha sonra kesme dalgasının hızı, bir bölge üzerinde Doppler benzeri bir edinim ile tahmin edilir.Dokunun elastisitesi  $E=pc^2$  formülü ile sertliği hesaplamak için ölçülür(9). Burada E,doku esnekliğini kilo Paskal (kPa) cinsinden karşılığını,p doku yoğunluğunun  $kg/m^3$ olarak karşılığını,C ise kayma hızını

metre/saniye (m/sn) cinsinden karşılığını ifade eder.Sonuçlar renk değişikliklerine göre kodlanmaktadır.Kırmızı renk görünümü sert,mavi renk görünümü yumuşak lezyonları ifade etmektedir(10).

Bu teknikte kullanılan prob kompresyon yapmadan plağa dik şekilde hareketsiz olarak tutulur.Dahasonra iki-üç saniye beklenir.Üretilen akustik itme dalgası dokuda yer değişikliğine sebep olur.Bu yer değişikliği RDUS ile takip edilebilir ve shear dalgalarının yayılım hızı ölçülür.Ölçüm için yeterli sayıda 'Region of Interest'(ROI) plak içerisine yerleştirilir (Şekil 1).

Bu sistem gerçek zamanlı olarak elastografik kutu içerisindeki kolorimetrik harita ile esneklik ve hız parametrelerini ölçer.ROI'nin mutlak sertlik ölçümü kPa cinsinden ölçülür.Sistem ayrıca kendi kalite kontrol özelliğine sahiptir.Kayma dalgası(shear dalgası) yayılımı çizgili haritadan takip edilir.Birkaç saniye beklendikten sonra çizgiler birbirine paralel olunca ROI yerleştirilerek daha gerçekçi ölçümler yapılabilir.Eğer çizgiler artefakt nedeniyle bozuluyorsa veya eksikse ölçüm tekrarı gereklidir(11).ROI'ler yerleştirildikten sonra kantitatif olarak kPa değerleri ölçülür.Kanserli dokular daha sert olma eğilimindedir.Karotis plaklarının yumuşak olması ise plağın daha kırılğan olması anlamına gelir(6).



Şekil 1 Shear Wave Ölçümü ve ROI yerleştirme

### 2.2.3. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) Tekniği

Akustik radyasyon kuvveti bir ortamda akustik dalgaların yayılımı ile ilişkilidir(12). ARFI tekniğinde,US probu ile oluşturulan kısa süreli ve yüksek enerjili akustik pulslar ROI ile belirlenen dokuda lokalize çok küçük boyutlarda yer değişikliğine neden olur(13). Bu yer değişikliği hareketi sonucunda shear dalgaları oluşur ve bu dalgalar US cihazı tarafından ultrason korelasyon yöntemi ile tespit edilir.ARFI tekniği ile shear dalgalarının hızları ölçülmeden sadece akustik radyasyon sadece akustik radyasyon kuvveti impulsu ile dokulardan oluşan yer değişiklikleri ölçülerek kalitatif görüntüler elde edilebilir.ARFI görüntülemeye yumuşak dokular parlak renkte görülürken sert dokular siyah renkte izlenir.Kantitatif değerlendirmede isedoku sertliği arttıkça SW hızı artar.ARFI tekniğinde shear dalgaları hızının ölçümü 1x0.5 cm boyutlarında dikdörtgen bir kutucukta yapılır.Sheer

dalgalarının hızları m/sn ile ifade edilir ve doku elastisitesinin kareköküne eş değerdir.ARFI tekniği ilk olarak abdomende karaciğerde sirozlu hastalarda özellikle fibrozisin derecesini tahmin etmek için kullanılmaktadır(10).

#### **2.2.4. Yarı Statik Yöntemler**

Strain elastografi şekil değiştirme modülü aracılığıyla dokuların makroskopik yapısını değerlendiren yarı-statik bir yöntemdir.Strain diye ifade edilen şey dokunun uygulanan kuvvet yönünde kontrakte ya da ekspanse olmasıdır.Uygulanan kuvvet ultrason probu ile vücut yüzeyine bası ve geri çekme şeklinde olur.Strain değerleri ölçülürken monitörde izlenen dekompresyon dalgasından ölçüm yapılması tercih edilir.Dekompresyon dalgası fazında dokuya dışarıdan kuvvet uygulanmaz.Bu faz dokuya uygulanan kompresyon sonrası dokunun eski haline dönme sürecini içerir.Dokunun uygulanan kuvvete kendi içdinamikleri ile verdiği yanıtı gösterir.Bu nedenle de kompresyon fazında yapılan dokunun elastisite özelliklerini kompresyon fazına göre daha iyi temsil ettiğine dayanılır.Dokunun dış kuvvete bağlı deformasyonu ve yer değişimi dokunun sertliği ile ters orantılıdır.Dokulara dıştan mekanik aletler yardımı ya da serbest el tekniği ile prob basısı yapılarak kuvvet uygulanabilir.Serbest elle yapılan elastografi tekniğinde elde edilen veriler gözlemci içi ve gözlemciler arası değerlerin anlamlı olarak farklılık göstermediğini ortaya koymuştur(8). Strain elastografide dokuların fizyolojik hareketlerden kaynaklanan internal kuvvetlere verdiği yanıtı da ölçülebilir.Strain elastografide kompresyon öncesi incelenen alandan gelen ekolar analiz edilir ve bu safhada görüntüyü oluşturan radyo frekansı sinyalleri toplanır ve depo edilir(14).Kompresyondan sonrada aynı işlem tekrarlanıp elde edilen sinyaller arasındaki fark belirlenmiş olur.Böylece dokunun yer değiştirmesi sinyal farkıyla ortaya çıkarılır.Probdan uzaklığabağlı olarak görüntüdeki her noktanın yer noktanın yer değişim değişikliklerinin hızı dijital veri şeklinde kaydedilir.Dokuların kompresyon ve dekompresyon fazında oluşan bu yer değişim hız değerleri strain değer olarak adlandırılır ve elastogramda gösterilir.Strain değeri dokunun sadece yer değişimini değil aynı zamanda

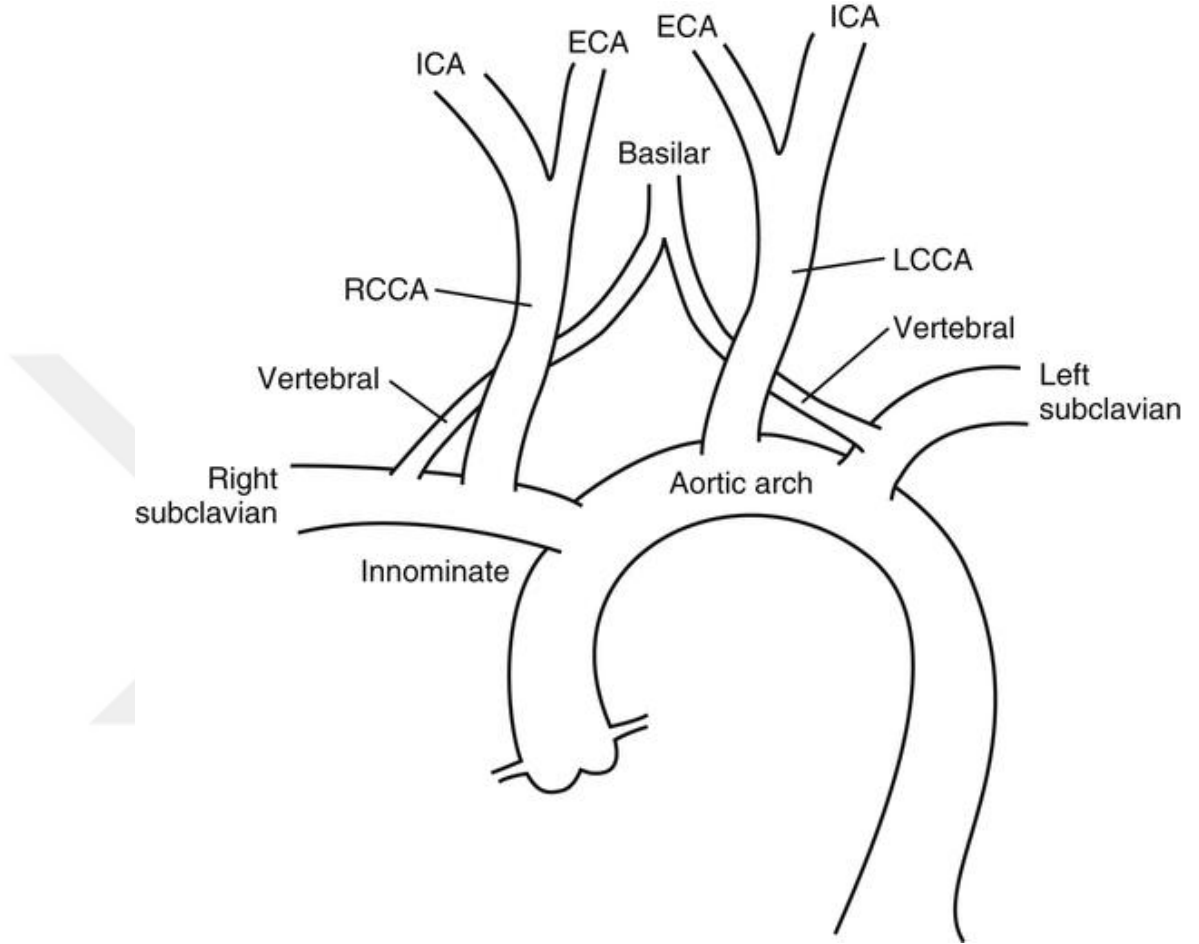


deforme olan derecesini de temsil eder.Sert dokular birbütün halinde dekomprese edilebildiğinden yumuşak dokulara göre daha az deforme olurlar ve daha az yer değiştirirler(9).Sert dokuların içeriği yumuşak dokulara göre daha homojen olduğundan bu dokuları oluşturan komponentlerde uygulanan kuvvete homojen yanıt verirler.Bu nedenle sert dokuların strain değerleri düşüktür(15). Yumuşak dokular uygulanan kuvvet sonrası sert dokulara göre daha fazla deforme olurlar ve yer değişikliğine uğrarlar.Yumuşak dokular bir sünger gibi komprese edildiğinden proba yakın alanlar uzak olanlardan daha fazla yer değişimine uğrarlar.Strain elastografide elde edilen görüntülerde kodlanırlar.Genellikle sert dokular mavirenkle yumuşak dokular kırmızı renkte ara sertlikteki dokularsa yeşil renkte izlenirler.Strainindeksi(Sİ) ise incelenen dokunun strain değerlerine oranıdır.Strain indeksinin hesaplanmasında karşılaştırılacak olan alana mümkün olduğunca o alanı temsil edecek büyüklükte bir inceleme alanıROIyerleştirilir.O alan ile aynı hizada olan referans dokudan ROI ile ölçüm yapılarak referans ROI'nin ilk ROI'ye oranı elde edilir.Elde edilen bu değere Sİ adı verilir.Sert dokuların Sİ değerleri yüksektir.Çünkü genellikle çevre dokulara göre daha az komprese edilebilir(16). Farklı lezyonların elastisitelerinin karşılaştırılmasında Sİ değerleri ölçüt olarak alınır.Strain elastografide incelenen alanın tümünde gerinim görüntülemesi ve ölçülmesi yapılır.Görüntü kalitesini etkileyen değerler pencere genişliği,prob bası hızı ve kuvvetidir(6).

### **2.3. Karotis Arter Anatomisi**

Ortak Karotis arter(CCA) arkus aorta ve dallarından köken alır (Şekil 2).Çeşitli anatomik varyasyonlar mevcuttur.Sağ ve sol CCA boyun posterolateraline doğruyükselir.Tiroid bezine juguler ven ve sternokleidomastoid kasa yakın komşulukta olup,baş ve boyunu besler(17).C4 seviyesinde CCA iki ayrılır.Bunlar İnternal Karotid Arter (ICA) ve Eksternal Karotid Arter (ECA) olarak adlandırılır. Oksipital lob dışında kalan serebral hemisferlerin kan akımını (ICA) ve dalları sağlarken, infratentoriyel bölgede yer alan beyin sapı ve serebellum ile supratentoriyel yapılardan oksipital lob ile talamusun kan akımını vertebral arter(VA) ve

dalları sağlar. Supratentoriyal bölgeyi besleyen ICA, Ortak Karotid Arter'in (CCA) dalıdır. CCA solda doğrudan arkus aorta'nın dalı iken sağda ise trunkus brakiosefalikusun bir dalıdır(18).



**Şekil 2 Karotis Arterlerin şematik anatomik görüntüsü**

### **2.3.1.İnternal Karotis Arter**

CCA,C3 ve C5 vertebra hizasında tiroid kartilajın lateralindeiki dala ayrılır.Bu dallardan biri olan ICA, servikal bölgede dal vermeden yükselir. Kafa tabanında karotis kanalına girer. İntrakraniyal bölgede karotis kanalından çıktıktan sonra orta kafa çukurunda dura materi delerek kavernöz sinusun içine girer. Arter daha sonra subaraknoid bölgeye ulaşır.

ICA, beş segmentte adlandırılır: servikal, petröz, kavernöz, klinoid, supraklinoid segmentlerdir(19).

ICA'nın terminal dalları ise şunlardır:

- Oftalmik arter
- Anterior Serebral Arter
- Orta Serebral Arter (Sylvian)
- Posterior Komünikan Arter
- Koroidal Arter
- Willis Poligonu

Aterom plaklarının en sık yerleşim yeri İCA'nın orijini veya servikal segmentin proksimal parçasıdır(20).

### **2.3.2. Eksternal Karotid Arter**

Eksternal Karotid Arter (ECA) CCA'nın diğer dalı olup C4 seviyesinde ayrılarak boyun yüz ve kafatası tabanını besler. Baş ve boyun yapılarının ana besleyici arteridir. ECA, tiroid kıkırdağının üst sınırında başlar ve yukarıya doğru geçip mandibulanın boynunun arkasındaki boşluğa doğru eğilir. Burada parotis bezi içerisinde yüzeyel ve maksiller artere ayrılır. Dallarının sayısı ve büyük boyutu nedeniyle boyunda yukarı doğru giderken küçülmeye başlar. ICA'dan daha medialde ve deriye yakın seyir gösterir. ECA cilt, yüzeyel fasya, platysma, derin fasya ve Sternocleidomastoideus kasının ön kenarı ile kaplıdır. Hipoglossal sinir, lingual ven, ortak fasyal ven, süperior tiroidal ven ile yakın komşuluk gösterir(21).

## **2.4. Serebrovasküler Hastalıklar**

İnme ya da serebral infarkt beynin bir bölgesine kan akışının bozulmasından kaynaklanan fokal bir nörolojik eksikliğin akut gelişmesidir. İnme, bir kan damarının tıkanması veya iyi perfüze olamaması nedenlerinden dolayı iskemik veya kan damarının yırtılması nedeniyle hemorajik olabilir(20). Hemorajik inmeler hem beyin parankiminde kanama olan intraserebral kanamayı hem de subaraknoid boşlukta kanama olan subaraknoid kanamayı içerir(22). Amerika Birleşik Devletleri'ndeki inmelerin, yaklaşık%87'siaslında etiolojide iskemiktir.Karotis arterin aterosklerotik oklüzif hastalığıatriyal fibrilasyon ve hipertansiyonun yanı sıra iskemik inmenin önlenabilir başlıca nedenlerinden biri olarak kabul edilir.SVH, kardiyovasküler hastalıklar ve kanserden sonra gelen önemli bir mortalite sebebidir. Sakatlık ve işgücü kaybının ise birinci nedenidir(20).Karotis arter ile ilişkili iskemik inme ani kontralateral sensorimotor kaybı, konuşma eksikliği ve ipsilateral monoküler körlük ile ortaya çıkabilir. 'Geçici bir iskemik atakta'(GİA/TİA), iskemik parankim iyileşir ve fonksiyonu başlangıç noktasına döndürür. Bir inmenin tam klinik etkisi genellikle 2 haftaya kadar belirgin değildir, çünkü iskemik penumbra ya enfarktüsü düzeltir ya da yeniler. İnme sonrası destekleyici bakım ve rehabilitasyon birçok hastada bazı veya önemli bir iyileşmeye izin verse de, serebral parankim geri dönülmez bir şekilde kaybedildiği için birçok eksiklik kalıcı değilse bile uzun sürelidir (23,24).

## **2.5. Ateroskleroz ve Karotis Arter Stenozu**

Atheroskleroz; tipik lezyonu ateroma plakları olan, orta ve büyük çaplı arterlerin intima tabakalarını etkileyen inflamatuvar süreçlerle oluşan bir hastalıktır. Endotel hasarına yol açarak kronik hasarlanma oluşturur.Lipoproteinler ,enflamatuvar hücreler ve bağ dokusundan oluşan aterosklerotik plakların oluşumu nedeniyle arterlerin kısmen veya tamamen tıkanmasına sebep olabilir.Aterosklerotik süreç tipik olarak aylar, yıllar ve hatta on yıllar boyunca sessizdir ve hatta klinik belirtilere yol açmayabilir.Bununla birlikte, plakta hasarlanma oluşur ise, arterin trombotik oklüzyonu meydana gelebilir(30,31).

Aterosklerozun başlangıcı sanılanın aksine anne karnındayken endoteldeki yağlı çizgilenmeler ile başlar. Daha sonra yağ birikimi ve fibröz doku gelişimi ile giderek ilerler. Ülsereasyon ve kanama gibi durumlar plağı unstabil hale getirebilir. Unstabil plak ya da diğer adıyla "Savunmasız plak" terimi, bozulmaya özellikle yatkın olan aterosklerotik plakları tanımlamak için kullanılmıştır (25). Bu plaklar genellikle çok büyük bir lipid çekirdeği üzerinde ince bir iltihaplı lifli tabakaya sahip olanlarla karakterize edilir. Plak içinde meydana gelen değişiklikler plakaya etki eden biyomekanik kuvvetler kırılabilirliği etkiler (26). Plaklar ekojenitesine göre histolojik olarak Grey Weale sınıflaması ile gösterilir (Tablo 1). Sınıflamada ekojenite anahtar rol oynar. Histolojik sınıflamada unstabil plakların yarısı asemptomatiktir (27). Çünkü tek başına morfoloji yeterli olmaz. Plaklar sürekli değişim göstermektedir. İnflamasyon ve oksidatif stres biyolojik olarak kısa dönemde etki ederken arterial duvar stresi (WSS) ve plak duvar stresi olarak (PSS) olarak adlandırılan hemodinamik ve mekanik strese bağlı kuvvetler plağı uzun dönemde etkilemektedir. Mekanik ve hemodinamik kuvvetler endotel geçirgenliğini, plak formasyonunu, damar duvar yeniden şekillenmesini, plakta büyümeyi etkilemektedir (28).

| <b>KAROTİD PLAK TİPLERİ</b>                                | <b>SEMPATOM RİSKİ</b> |
|------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tip 1: Tek formlu hipoekoik                                | <b>Yüksek</b>         |
| Tip 2: %50 den fazla hipoekoik                             | <b>Yüksek</b>         |
| Tip 3: %50 den fazla hiperekoik                            | <b>Düşük</b>          |
| Tip 4: Tek formlu ekojenik                                 | <b>Düşük</b>          |
| Tip 5: Kalsifikasyon ve artefakta bağlı sınıflandırılmayan | <b>Bilinmiyor</b>     |

Tablo 1: Grey Weale Sınıflaması

### 2.5.1. Aterosklerotik risk faktörleri

#### Major risk faktörleri

- Değiştirilebilir Risk Faktörleri
  - Dislipidemi: Hiperkolesterolemi, HDL kolesterol düşüklüğü
  - Hipertansiyon
  - Sigara
  - Diabetes Mellitus

- Değiştirilemeyen Risk Faktörleri
  - Yaş
  - Cinsiyet
  - Kalıtım

#### Minör risk faktörleri

- Obezite
- Stresli kişilik yapısı
- Hipertrigliseridemi
- Azalmış fiziksel aktivite

## **Yaş**

Yaş, koroner arter hastalığı için güçlü ve bağımsız bir risk faktörüdür. 65 yaşına kadar cinsiyet ve etnik farklılıklardan bağımsız şekilde, ateroskleroz oluşumu yaşla giderek artar(29).Ateroskleroz ve stabil anjının 65 yaşından sonra daha az belirgin artmasına karşı, yeni gelişen kalp krizlerinin çoğu özellikle kadınlarda olmak üzere 65 yaşından sonra görülür(30).KAH mortalitesi yaşla birlikte artar. Yine yaşla birlikte arter sertleşmesiyle artan nabız ve sistolik kan basıncı myokard infarktüsü ve koroner ölümü öngören güçlü parametrelerdir(31).

## **Cinsiyet**

Her iki cinste major kardiyovasküler risk faktörlerinin aynı olmasına karşı, KAHerkeklerde kadınlardan 10–15 yaş erken başlar. Premenopozal dönemde östrojen koruyucu faktör olabilir. Menapozla birlikte kadında LDL düzeyi yükselmeye başlar, HDL'de (high density lipoprotein) artma durur veya biraz düşer(32).

## **Ailevi erken ateroskleroz varlığı (genetik yapı)**

Aile öyküsü, 1.derece akrabalarından herhangi birisinde erkeklerde 55, kadınlarda 65 yaşından önce angina, MI, ispatlanmış KAH, koroner revaskülarizasyon veya ani ölüm varlığı olarak tanımlanır. Aile öyküsü olan kişilerde, erken koroner kalp hastalığı riski 12 kat artar(33). Bireyin proaterojen faktörlere cevabını ve damar duvarının aterojen uyarıya yatkınlığını sıklıkla genetik yapı belirler. Ancak çevresel faktörler hastalığın

ilerleme hızını (plak oluşması) etkileyerek KAH gelişip gelişmeyeceğini belirler(29).

### **Hiperlipidemi**

Yüksek serum total ve LDL kolesterol ile düşük serum HDL kolesterol, KAH için bağımsız major risk faktörleridir. Total ve LDL kolesterol düzeyi ne kadar yüksekse, aterosklerotik olay görülme riski o kadar yüksektir. Ateroskleroz LDL, IDL (intermediate density lipoprotein), VLDL (very low density lipoprotein) gibi düşük yoğunluklu lipoproteinlerin intimaya girmesi, birikmesi ve modifiye edilmesi ile oluşur. HDL damar duvarından kolesterolün uzaklaşmasını sağlayarak koruyucu etki gösterir. Yüksek plazma lipoprotein(a) konsantrasyonları KAH için yüksek riskli bireyleri tanımlar(29).

### **Hipertansiyon**

Sistemik arteriyel hipertansiyon, patogenetik olarak kolesterole bağımlı bir ateroskleroz hızlandırıcısı olmakla birlikte KAH için bağımsız major bir risk faktörüdür(34).Hipertansiyonun aterosklerozu doğrudan kan basıncının artmasıyla hızlandığı, genel kabul edilen görüştür. Ancak bölgesel renin anjiyotensin sistemleri ile üretilen anjiyotensin II gibi eşlik eden hormonal değişikliklerin de rolü olabileceği ileri sürülmüştür. Kan basıncı ne kadar yüksekse postmortem aorta, koroner ve serebral arterlerde ateroskleroz o kadar şiddetlidir. Framingham çalışmasına göre, KAH öngörmede nabız basıncı sistolik ve diastolik basınçtan daha değerlidir. Normal basınçtan daha yükseğine maruz kalmadıkları takdirde venlerde ateroskleroz gelişmez. Pulmoner HT sözkonusu değilse pulmoner arterlerde hiçbir zaman ateroskleroz oluşmaz. Düşük basınçlı pulmoner turunkustan köken alan koroner arter anomalilerinde, yüksek basınçlı aorttan köken alanlara göre çok daha az ateroskleroz gelişir(35).



## **Diabetes Mellitus**

KAH oluşumunda diabetes mellitus ve hiperkolesterolemi güçlü bir şekilde etkileşir(36). Total kolesterol düzeyi 4 mmol olduğu toplumlarda, DM olanlarda bile aterosklerotik olaylar seyrek(35). DM, KAH riskini kadınlarda 7, erkeklerde 2–3 kat artırır(37). Hipergliseminin yanı sıra diyabetik olmayan sınırlardaki glikoz düzeyleri de aterosklerozla ilgili hastalıkların artmasıyla ilişkilidir(38). Koroner arterlerin DM’ de daha yaygın etkilendiği ve hastalığın daha distale uzanabileceğine dair hem patolojik hem de anjiyografik deliller bulunmaktadır(39). DM’ de trombosit aktivitesi artar, fibrinojen düzeyi ve plazminojen aktivator inhibitör (PAI–1) düzeyleri yükselir. Endotel disfonksiyonu sıklıkla gözlenir ve diyabetik hastalarda koroner trombozdan ve plak rüptüründen ziyade endotel erozyonu sorumlu gibi görünmektedir(40).

## **Sigara**

Sigara hem yüksek riskli, hem de düşük riskli toplumlarda aterosklerozla ilişkili klinik olaylarda major ve değiştirilebilen tek risk faktörüdür(41). Sigara içme, patogenetik olarak kolesterole bağlı bir risk faktörüdür ve diğer risk faktörleriyle sinerjistik yönde etki ederek KAH riskini artırır. Sigaranın aterojen değil trombojen olduğu lehine güçlü kanıtlar vardır. Bu nedenle sigaranın stabil anjina için değil, MI için güçlü bir prediktör olduğu düşünülmektedir.

## **Arterlerin Yapısı**

Normal arter duvarı, 3 tabakadan oluşmaktadır. Arterler, en içte intima, ortada media ve en dışta adventisya olmak üzere üç tabakadan oluşurlar. İntima tabakası, tek sıra endotel hücre tabakasından oluşur ve aterosklerotik lezyonun olduğu bölgedir. Media tabakası düz kas hücrelerini, elastik ve kollajen liflerini içerirken, adventisya tabakası en değişken tabaka olup yoğun kollajen ve elastik lifler içermektedir(42).

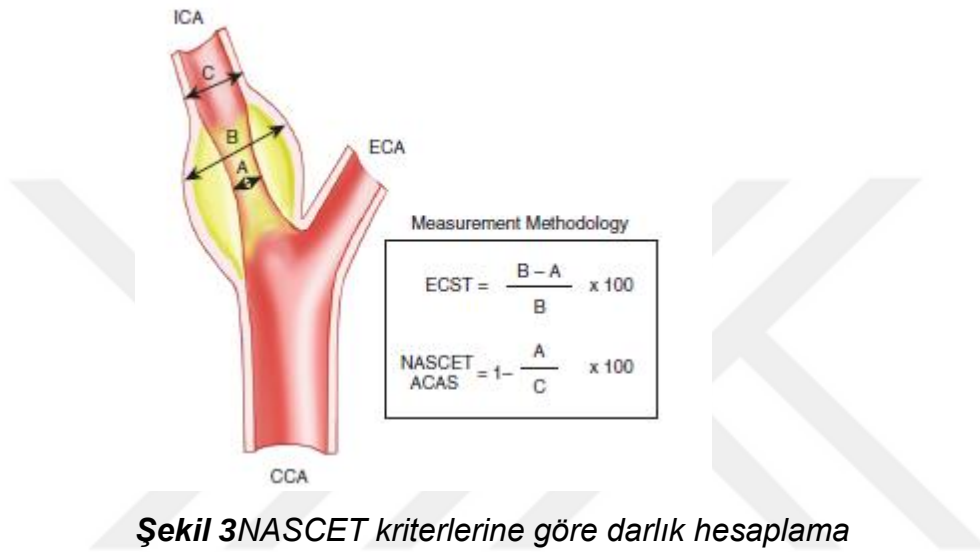
## **Ateroskleroz ile İlişkili Diğer Faktörler**

Aterosklerotik risk faktörlerinin etki alanı sistemik iken, aterom plakları arteriyel sistemin tamamını benzer şekilde etkilememektedir. Bu durum, sistemik faktörlerin yerel faktörlerle birlikte hareket etmesi gerektiğini göstermektedir. "Shear stress" ve akımın türbülansı bu yerel faktörlerdendir(43). Aterom plakları daha sıklıkla kan akımının düzensiz olduğu dallanma noktaları ve bunlara yakın bölgelerde yerleşim gösterirler. Kan akımının damar duvarı üzerindeki etkisi, endotel hücrelerinin fizyolojisini değiştiren "shear stress" aracılığı ile olur. Boyunda "shear stress" etkisinin yüksek olduğu lokalizasyon, CCA bifurkasyonu ve proksimal internal karotis arterdir. Bu bölge haricinde, boyunda proksimal vertebral arterler de aterosklerozun sık görüldüğü noktalardır. İntrakraniyal aterosklerotik damar hastalığı; kavernöz ICA ve baziler arteri sıklıkla tutar. Karotis arter hastalığında inmeriski ile ilgili yapılan araştırmalar, semptomatik ve asemptomatik hasta gruplarında stenoz oranı ile yıllık inme riskinin yüksek korelasyon gösterdiğini belirtmektedir. Stenoz oranı %75'in altında yıllık inme riski oranı %1.3 iken, stenoz oranı %75'in üzerinde yıllık inme riski oranı %3.3'e ulaşmaktadır. Stenoz oranı %75'in üzerinde olan asemptomatik hasta grubunda yıllık inme riski oranı %2.5 olarak bildirilmektedir. İleri derece karotis stenozuna bağlı GİA anamnezi mevcut hasta grubunda, GİA sonrası ilk yıl için inme oranı yaklaşık %10 olarak belirtilmektedir(37- 39).

### **2.6. Karotis Arter Stenozu Tanısı**

Yapılan araştırmalarda 65 yaş üzerindeki hastalarda %50 ve üzeri karotis arter stenozu görülme sıklığını yaklaşık %8 olarak belirtmektedir(45). Karotis arter stenozu derecelendirilmesinde North America Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) ve European Carotid Surgery Trial (ECST) kriterleri esas alınmaktadır(32). NASCET stenoz oranı hesaplamasında; stenoz bölgesindeki en dar patent lümen çapı ile normal distal segment arasındaki oranı kullanır. ECST ise stenoz oranı

hesaplamasında; stenoz bölgesindeki en dar patent lümen çapı ile stenoze segmentteki damarın kalibrasyonunu kullanır. Günümüzde karotis arter sisteminin görüntülemesinde; renkli Doppler ultrasonografi (RDUS), bilgisayarlı tomografik anjiyografi (BTA), manyetik rezonans anjiyografi (MRA) ve dijital substraksiyon anjiyografisi (DSA) olmak üzere dört radyolojik modalite kullanılmaktadır (46).



### 2.6.1. Renkli Doppler Ultrasonogorafi

Karotis arter stenozu tanısında kullanılan başlangıç radyolojik görüntüleme yöntemi renkli Doppler ultrasonografidir. Karotid arter stenozu tanısında sensitivitesi %92.6, spesifitesi %97'dir (47). Plak morfolojisini ve hemodinamik değişiklikleri değerlendirmede anjiyografiye üstündür. İyonizan radyasyon içermemesi, sık tekrarlanabilmesi ve non-invaziv bir yöntem olması, CDUS incelemenin avantajlarıdır. CDUS incelemenin dezavantajlarını ise; yöntemin uygulayan-cihaz bağımlı olması ve yoğun kalsifik plaklarda akustik gölgelenmeye bağlı olarak akımın değerlendirilememesidir(48). Arkus aorta, ana karotid arterlerin proksimal segmentleri ve intrakraniyal segmentlerin değerlendirilememesi yöntemin diğer önemli dezavantajıdır. Gri skala incelemede, intima-media kalınlığı (İMK) ve plak morfolojisi değerlendirilir. Gri skala incelemekten sonra; CCA,

ICA ve ECA lümenlerinden pik sistolik akım hızı, diyastolik akım hızı, sistolik akım hız oranları ve diyastolik akım hız oranları değerlendirilmektedir. Karotis arter stenozunun sonografik derecelendirmesinde “Society of Radiologistsin Ultrasound” kriterleri kullanılmaktadır (Tablo 2)(49).

| Stenoz (%)               | ICA PSV (cm/sn)      | Plağın yaptığı stenoz       | ICA/CCA PSV oranı | ICA EDV (cm/sn) |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------|
| <b>Normal</b>            | <125                 | Yok                         | <2.0              | <40             |
| <b>&lt;50</b>            | <125                 | <50                         | <2.0              | <40             |
| <b>50-69</b>             | 125-230              | >50                         | 2.0-4.0           | 40-100          |
| <b>&gt;70</b>            | >230                 | >50                         | >4.0              | >100            |
| <b>Preoklüzif stenoz</b> | Yavaş akım/ akım yok | İleri derece                | Değişken          | Değişken        |
| <b>Tam oklüzyon</b>      | Akım yok             | Plak görülür,lümen görülmez | Alınamaz          | Alınamaz        |

**Tablo 2:**ICA darlıklarında ‘SocietyofRadiologist in Ultrasound’ kriterleri

### 2.6.2.Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA) ve Diğer Yöntemler

Ekstrakranial ve intrakranial karotis arteriyel sistemin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlaması,BTA için önemli bir avantajdır.Ayrıca yalnızca damar sistemiile ilgili değil ,çevre yumuşak dokular ve kemik yapılar hakkında da bilgi sağlamaktadır(50). En önemli dezavantajlarını; iyonizan radyasyonmaruziyeti ve intravenöz kontrast madde kullanımı oluşturmaktadır.BTA;karotid arter stenozunu saptamada %85-95 sensitivite ve spesiviteye sahiptir. Plak morfolojisini değerlendirmede de etkin bir yöntemdir.Preoklüzyon-oklüzyon ayrımında DSA ile yüksek korelasyon göstermektedir.Manyetik Rezonans Anjiyografi (MRA) yine sıkça kullanılan bir diğer tetkik olup İncelemenin non-invazif olması, iyonizan radyasyon

içermemesi, yüksek doku kontrastı, damarsal anatominin 3D olarak birçok planda arkus aortadan intrakraniyal alana kadar görüntülenebilmesi; incelemenin önemli avantajlarından biridir. Dijital Çıkartma Anjiyografisi (DSA) altın standart yöntem olup, hem tanıda hem de endovasküler tedavide kullanılabilmesi diğer modalitelere göre en önemli avantajıdır(51).

## **2.7. Shear Wave Elastografinin Karotis Plaklarında Kullanımı**

SWE akustik radyasyon kuvvetini kullanarak dokuda 'shear' dalgası üretir. Teorik bir dalga yayılım modeli uygulaması olan SWE Young Modülünü kullanarak 'shear' dalgasının hızını ölçer(52). Daha önce tiroid, meme, karaciğer, prostat gibi birçok dokuda kullanılmıştır(10). Ancak vasküler çalışma çok yapılmamıştır. Karotis plaklarını görüntüleyebilmek plakların küçük olması, değişken morfolojide olması, arteriyel pulsatil harekete maruz kalması, heterojen dokularla çevrili olması sebebiyle zordur. Bütün bu zorluklara rağmen daha önceki, in vitro çalışmalar Young Modülünün SWE tahminlerinin fantom modellerinde uygulanabilir olduğunu göstermiştir(48-49).

CDUS ve USG ateroskleroza göstermede, luminal daralma ve hemodinamiği değerlendirme konusunda kullanılmaktadır. USG ve CDUS ile birlikte kullanımı daha etkili sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu tetkikler hızlı, ucuz ve tolere edilebilir bir yöntem olarak karotis plaklarını ölçmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Plakın varlığını gösterme, plak boyutunu ölçme, ekojeniteyi belirleme ve ülserasyon gibi plak kırılabilirliğini belirlemede kullanımları mevcuttur (45-47). Mevcut çalışmalar esas olarak ekojenite ve strese dayanan plak sınıflandırmasına odaklanmıştır. Plakların sertliğini ölçme konusunda hala eksiklik vardır. SWE ise bunlara ek olarak plak yapısını tanımlama konusunda oldukça başarılı sonuçlar göstermektedir(3). Plak kırılabilirliğini tanımlayarak, plak bileşimini temsil eden sertlik ölçümüyle plak zayıflığının değerlendirilmesinde endeks olarak kullanılmaya başlanmıştır. Daha önceleri esnekliği ölçülebilmek adına MRG tetkiki

kullanılmıştır.Ancak,SWE kadar maliyeti etkin ve kolay uygulanabilir bir tetkik olmaması sebebiyle rutin kullanımı sınırlı kalmıştır(55).

### **III. GEREÇ VE YÖNTEM**

#### **3.1. Çalışma Şekli**

Çalışma tek merkezli,prospektif ve tanımlayıcı olarak tasarlandı.

#### **3.2. Hasta Seçimi**

Çalışmamıza Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı Ultrasonografi polikliniğine Kasım 2019- Mart 2020 tarihleri arasında başvuran 18 yaşın üzerinde Arteria Karotis Interna'sında ölçülebilir plağı olan hastalar dahil edilmiştir.Ölçülebilir plak kriteri olarak NASCETkriterlerine göre %30 ve üzeri darlık yaratanplaklar değerlendirilmiştir.

Çalışmaya bu kriterleri karşılayan 31tanekadın ve erkek hasta dahil edilmiştir.Etikkurul onayı alınarak hastalara ayrıntılı onam formu doldurtulmuştur. Klinik ve laboratuvar bilgileri hastane sisteminden bakılmış ve anket şeklinde demografik veriler sorgulanmıştır

#### **3.3. İnceleme Tekniği ve Çalışma Protokolü Değerlendirilmesi**

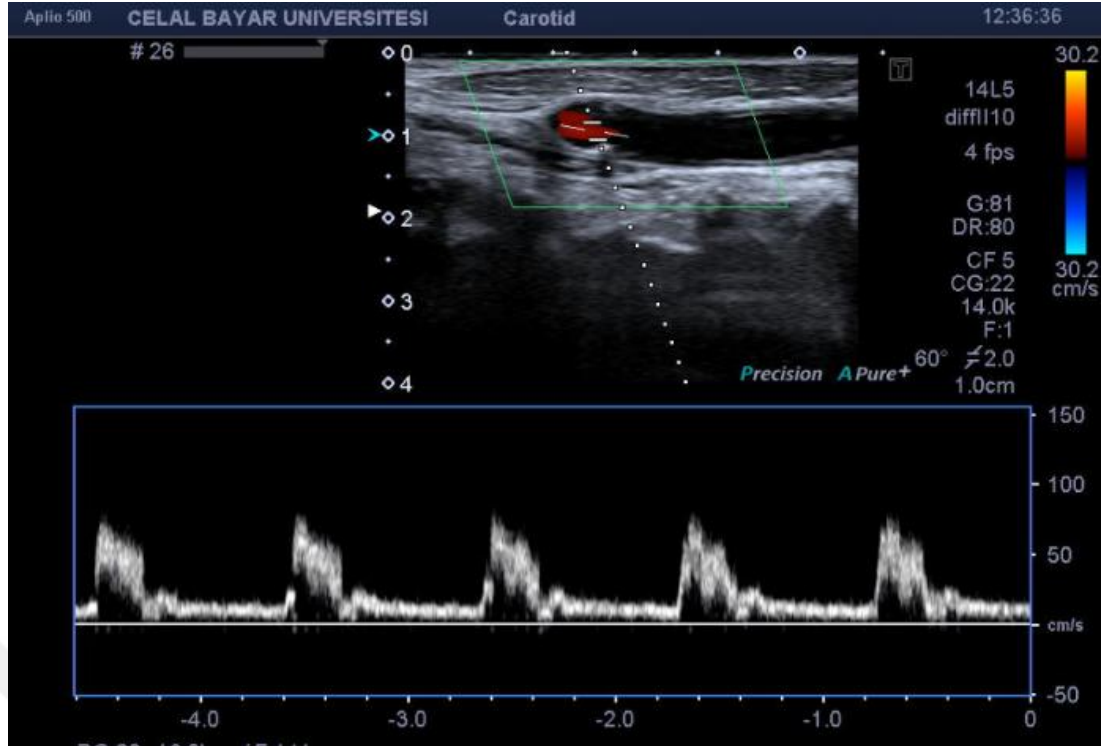
Çalışmaya katılan hastalara TOSHIBA APLIO 500 marka ve model ultrasonografi cihazı 8-13 MHz yüzeylehertz frekansa sahip lineer probu ile tüm hastaların rutin klinik B-Mode ultrasonografileri yapıldı(Şekil 3).Hastalarasırasıyla B-Mode ultrasonografi,doppler ultrasonografi ve sonoelastografi işlemi aynı seansta tek radyolog tarafından yapıldı. ICA lümenlerinden pik sistolik akım hızı, diyastolik akım hızı, sistolik akım hız oranları ve diyastolik akım hız oranları değerlendirildi.Karotis RDUS ile darlık derecesi tablo 1 de verilen kriterlere uygun şekilde ölçüldü(Şekil 4).Karotid plak üzerinde shear wave sonoelastografi ölçümü aksiyel kesitte 2 farklı

noktadan yapılarak ortalamaları alındı (Şekil 5). ROI çapı 2mm olarak standardize edildi. SWE ölçüm bölgesi kutusu karotisi içerecek şekilde ayarlandı. Kutucuk transvers alanda daha geniş tutularak ölçüm standardize edildi. Hastaların Karotis RDUS, plakların sonografik görüntüleri ve Shear Wave görüntüleri ölçüm değerleri hastanemizdeki PACS (Picture Archiving Communication System) sistemine kaydedildi.

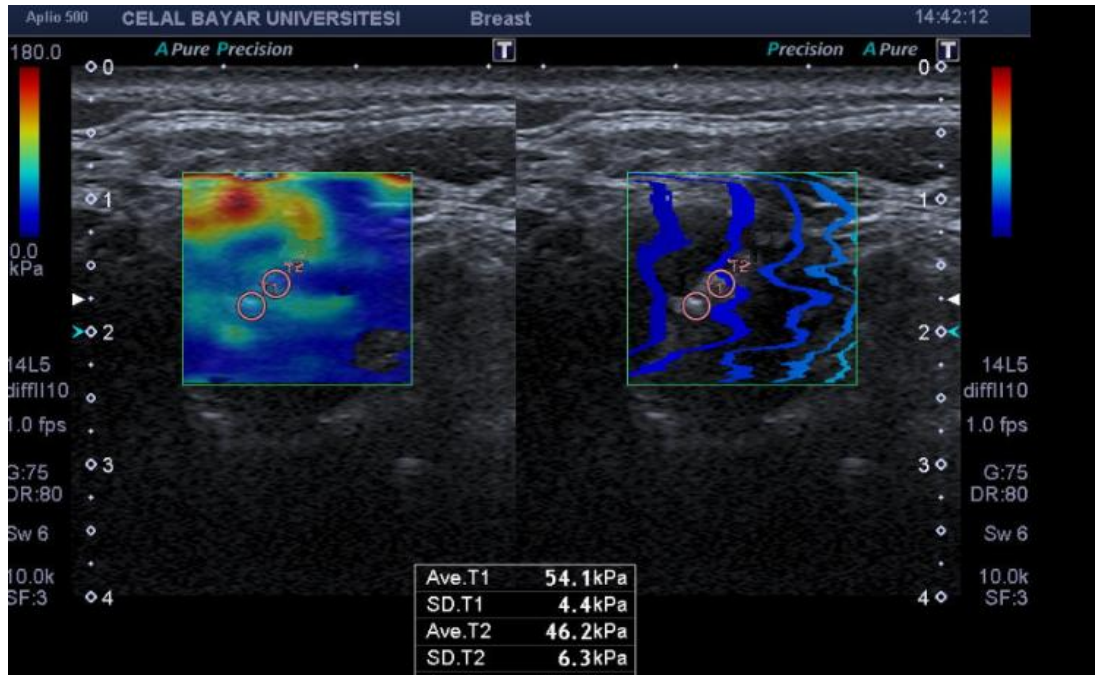
Plaklar, aynı taraflı beyin hemisferinde 6 ay içerisinde nörolojik semptom olmasına göre semptomatik ve asemptomatik olarak ayrıldı.



**Şekil 4** ICA içerisindeki plak yapısının USG görüntüsü (OLGU NO 3)



**Şekil 5** Doppler USG ile darlık derecesi ölçümü (OLGU NO 7)



**Şekil 6** Karotid plak SWE görüntüsü (OLGU NO 6)



### **3.4. Değerlendirmede Kullanılan Ölçekler**

#### **3.4.1. Karotis Arter Stenozunun Sonografik Derecelendirmesi**

Stenoz derecesini belirlemek için 'Society of Radiologist in Ultrasound' kriterlerini kullanılmıştır. Değerler Tablo 2 ' de gösterilmektedir.

### **3.5. İstatistiki Analiz**

Verilerin değerlendirilmesinde IBM SPSS Statistics 22.0 istatistik programı kullanıldı. Kategorik verilerin başka diğer kategorik özellikler açısından karşılaştırılmasında ki-kare ve Fisher'in kesin testi uygulandı. Demografik özellikler bakımından grupların karşılaştırılmasında veri tipine bağlı olarak Pearson ki-kare testi kullanıldı. Hastaların demografik ve diğer kategorik verileri ile SWE değerlerinin karşılaştırılmasında Mann Whitney U, Kruskal Wallis ve Independent t testi kullanılmıştır. Elde edilen verilere ait tanımlayıcı değerler ortalama, standart sapma, sayı ve % frekanslar olarak hesaplandı ve tablolar halinde sunuldu. Verilerin yorumlanmasında istatistik anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  kabul edildi.

## **IV. BULGULAR**

Çalışmamızdaki 31 hastanın 21'ierkek(%67.7),10'u (%32.3) kadın idi. Hastaların yaşları 52 ile 87 arasında değişmekte iken çalışmaya alınan hastaların ortalama yaşı 65 olarak bulundu.

Hastaların laboratuvar ve klinik bilgileri değerlendirildiğinde ise %77,4'ünde hipertansiyon, %64,5'inde kolesterol, %12,9'unda aritmi, %64,5'inde sigara kullanımı, %51,6'sında SVO geçirme öyküsü mevcuttu (Tablo 3).

**Tablo 3** Laboratuar ve Klinik Bilgiler

|                         | VAR        | YOK        |
|-------------------------|------------|------------|
| <b>Hipertansiyon</b>    | 24 (%77,4) | 7(%22,6)   |
| <b>Kolesterol</b>       | 20 (%64,5) | 11 (%35,5) |
| <b>Aritmi</b>           | 4(%12,9)   | 27(%87,1)  |
| <b>Sigara kullanımı</b> | 20(%64,5)  | 11(%35,5)  |
| <b>SVO geçirme</b>      | 16(%51,6)  | 15 (%48,4) |

Hastaların darlık dereceleri ele alındığında 31 hastanın 16'sında %50'den az, 7'sinde %50-70, 4'ünde %70-90, kalan son 4 hasta da ise %90 darlık izlendi (Tablo 4).

**Tablo 4** Hastaların Darlık Dereceleri

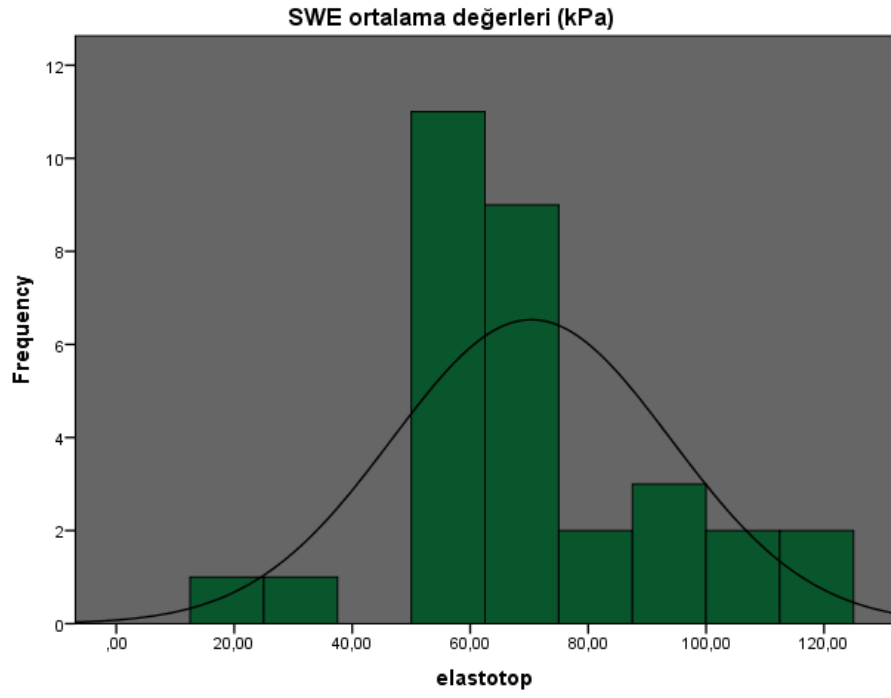
|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>TOPLAM HASTA SAYISI</b> | 31        |
| <b>%50 DEN AZ</b>          | 16(%51,6) |
| <b>%50-70</b>              | 7 (%22,6) |
| <b>%70-90</b>              | 7(%22,6)  |
| <b>%90 VE ÜZERİ</b>        | 4(%12,9)  |

Hastaların vücut-kitle endeksleri(BMI) 23,4 -34,6 kg/m<sup>2</sup> arasında ve ortalama indeks29,4 kg/m<sup>2</sup> olarak bulundu.

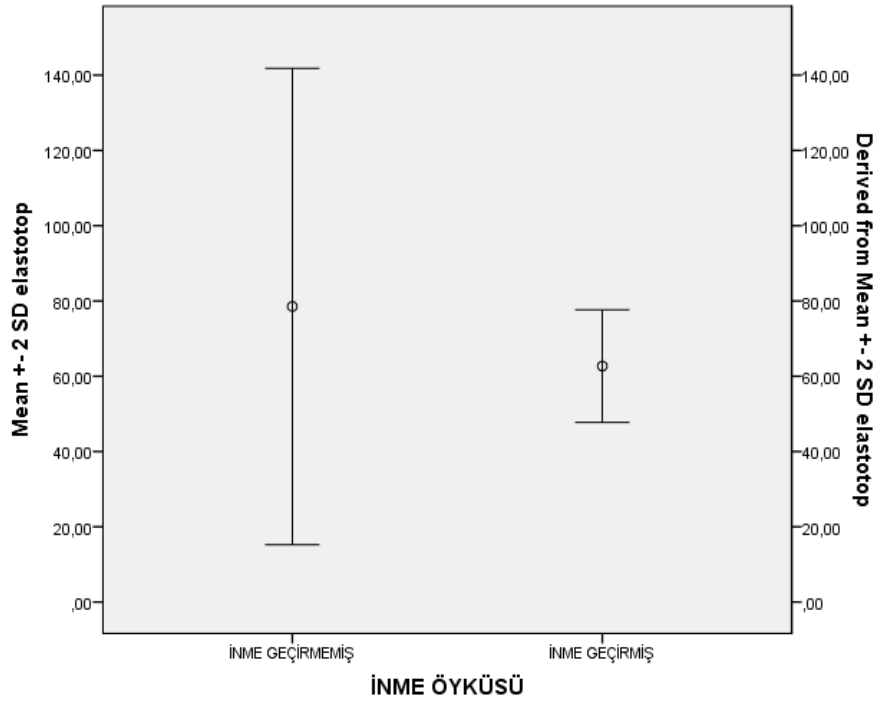
Çalışmamızda Karotis plaklarından ölçtüğümüz SWE değerleri 15,4-125,8 kPa arasında ölçülmüş olup aşağıdaki tabloda istatistiki veriler elde olunmuştur (Tablo 5).Karotis plakların SWE ölçüm değerleri ve grafikleri Şekil 6’da detaylı olarak gösterilmektedir.Şekil 7’ de semptomatik ve asemptomatik hastaların dağılım aralıkları gösterilmiştir.

**Tablo 5:Karotid Plakların SWE ölçümleri**

|          |                                  | Elastogram 1 | Elastogram 2 | Ortalama Elastogram |
|----------|----------------------------------|--------------|--------------|---------------------|
| SWE(kPa) | <b>Ortalama ± standart sapma</b> | 70,632 ±24   | 70,103 ±23   | 70,36 ±23           |
|          | <b>Min</b>                       | 20,8         | 15,4         | 18,10               |
|          | <b>Max</b>                       | 125,8        | 119,8        | 121,5               |



**Şekil 7** SWE ortalama Değerleri



**Şekil 8** Semptomatik ve Asemptomatik Hastalarda Plak Sertliği Dağılımı

Çalışmamıza alınan hastaların yaş, cinsiyet, hipertansiyon, kolesterol, BMI, aritmi, sigara içiciliği, darlık derecesi ve SVO geçirme öyküsü ile SWE değerleri karşılaştırıldığında arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık bulunamamıştır. Bu parametreler ile Karotis plak SWE değeri kıyaslandığında p değerleri sırasıyla 0.05 'den büyük bulunmuştur (Tablo 6).

*Tablo 6: Tüm verilerin 'p' değerleri*

|                        | <b>SWE1</b> | <b>SWE2</b> | <b>SWE ortalama</b> |
|------------------------|-------------|-------------|---------------------|
| <b>Yaş</b>             | 0,69        | 0,88        | 0,88                |
| <b>Cinsiyet</b>        | 0,67        | 0,86        | 0,86                |
| <b>Hipertansiyon</b>   | 0,92        | 0,85        | 0,92                |
| <b>Kolesterol</b>      | 0,8         | 0,6         | 0,8                 |
| <b>BMI</b>             | 0,65        | 0,61        | 0,65                |
| <b>Aritmi</b>          | 0,7         | 0,7         | 0,7                 |
| <b>Sigara</b>          | 0,058       | 0,16        | 0,069               |
| <b>Darlık Derecesi</b> | 0,130       | 0,102       | 0,165               |
| <b>SVO</b>             | 0,080       | 0,082       | 0,078               |

Hasta verileri tek tek incelendiğinde, cinsiyet sütununda erkek hastalar 1,kadın hastalar 2 olarak değer verilmiştir.Hipertansiyon sütununda hipertansiyon olması1,hipertansiyon olmaması 2 olarak değer verilmiştir.Kolesterol sütununda 1 değeri kolesterol olmasını 2 değeri kolesterol olmama durumunu göstermektedir.BMI sütununda değerler numerik olarak yazılmıştır.Aritmi sütununda aritmi varlığı değeri 1,olmaması durumu 2 değerleri verilmiştir.SWE değerleri 3 adet sütunda numerik veri olarak kaydedilmiştir. (swe1,swe2,swe.ort).Sigara sütunundaki

değerlendirmede içenler 1,içmeyenler 2değerleri verilmiştir. Darlık derecesi sütununda %50'den az darlığı olanlar 1,%50-70 darlığı olanlar 2,%70-90 darlığı olanlar 3,%90 ve üzeri darlığı olanlar 4 değerleri verilmiştir.SVO sütununda inme geçirenler 1,inme geçirmeyenler 2 olarak değerleri verilmiştir(Şekil 9).



|    | yaş | cinsiyet | HT | Kolesterol | BMI   | Aritmi | swe1  | swe2  | sigara | darlık der | svo | swe Or. |
|----|-----|----------|----|------------|-------|--------|-------|-------|--------|------------|-----|---------|
| 1  | 55  | 1        | 1  | 2          | 32,4  | 2      | 54    | 56    | 1      | 1          | 0   | 55      |
| 2  | 65  | 1        | 1  | 1          | 25,4  | 2      | 84,2  | 64,8  | 1      | 2          | 1   | 74,5    |
| 3  | 74  | 1        | 2  | 1          | 26,9  | 2      | 57,5  | 57,2  | 1      | 1          | 0   | 57,35   |
| 4  | 63  | 1        | 1  | 1          | 28,8  | 1      | 67,7  | 56,7  | 1      | 1          | 1   | 62,2    |
| 5  | 72  | 2        | 1  | 1          | 30,2  | 2      | 20,8  | 15,4  | 0      | 1          | 0   | 18,1    |
| 6  | 73  | 1        | 1  | 1          | 28,6  | 2      | 54,1  | 46,2  | 0      | 1          | 0   | 50,15   |
| 7  | 87  | 1        | 2  | 2          | 29,8  | 2      | 65,4  | 62,4  | 1      | 2          | 1   | 63,9    |
| 8  | 69  | 1        | 1  | 2          | 30,1  | 2      | 55,7  | 60,5  | 0      | 2          | 1   | 58,1    |
| 9  | 68  | 1        | 2  | 2          | 28,7  | 1      | 120,2 | 104,4 | 0      | 1          | 0   | 112,3   |
| 10 | 65  | 2        | 2  | 2          | 32,9  | 2      | 70,5  | 67,4  | 0      | 1          | 0   | 68,95   |
| 11 | 59  | 1        | 1  | 2          | 25,9  | 2      | 25,5  | 27,2  | 0      | 1          | 0   | 26,35   |
| 12 | 62  | 2        | 1  | 2          | 32,5  | 2      | 72,7  | 69,7  | 1      | 1          | 1   | 71,2    |
| 13 | 65  | 1        | 1  | 2          | 26,7  | 2      | 54,6  | 53,2  | 1      | 1          | 1   | 53,9    |
| 14 | 56  | 2        | 1  | 1          | 33,4  | 1      | 68,7  | 65,7  | 0      | 1          | 1   | 67,2    |
| 15 | 68  | 1        | 1  | 2          | 23,4  | 2      | 89,7  | 93,7  | 1      | 1          | 0   | 91,7    |
| 16 | 54  | 1        | 1  | 1          | 29,9  | 2      | 53,4  | 60,5  | 1      | 3          | 1   | 56,95   |
| 17 | 59  | 2        | 1  | 1          | 31,7  | 2      | 53    | 54,6  | 1      | 4          | 1   | 53,8    |
| 18 | 73  | 1        | 2  | 1          | 28,7  | 2      | 125,7 | 117,3 | 1      | 3          | 0   | 121,5   |
| 19 | 60  | 2        | 1  | 2          | 24,7  | 2      | 95,1  | 98,5  | 0      | 2          | 0   | 96,8    |
| 20 | 67  | 2        | 1  | 1          | 33,4  | 2      | 62,4  | 67,9  | 1      | 4          | 1   | 65,15   |
| 21 | 57  | 1        | 1  | 1          | 29,4  | 2      | 69,6  | 68,5  | 1      | 3          | 1   | 69,05   |
| 22 | 71  | 2        | 1  | 1          | 32,9  | 2      | 99,7  | 105,3 | 0      | 1          | 0   | 102,5   |
| 23 | 52  | 1        | 2  | 1          | 27,5  | 2      | 88,8  | 80,6  | 1      | 1          | 0   | 84,7    |
| 24 | 70  | 2        | 1  | 1          | 28,9  | 2      | 77    | 88,4  | 0      | 2          | 0   | 82,7    |
| 25 | 59  | 1        | 1  | 1          | 31,5  | 2      | 70    | 72,8  | 1      | 2          | 1   | 71,4    |
| 26 | 61  | 2        | 1  | 1          | 30,2  | 2      | 92,7  | 95,9  | 0      | 1          | 0   | 94,3    |
| 27 | 78  | 1        | 1  | 1          | 34,6  | 2      | 59    | 65    | 1      | 2          | 1   | 62      |
| 28 | 72  | 1        | 2  | 1          | 28,1  | 2      | 68,8  | 70,2  | 1      | 1          | 1   | 69,5    |
| 29 | 79  | 1        | 1  | 1          | 27,1  | 1      | 111,5 | 119,8 | 1      | 3          | 0   | 115,65  |
| 30 | 80  | 1        | 1  | 2          | 24,45 | 2      | 49,8  | 50,7  | 1      | 4          | 1   | 50,25   |
| 31 | 59  | 1        | 1  | 1          | 31,9  | 2      | 51,8  | 56,7  | 1      | 4          | 1   | 54,25   |
|    |     |          |    |            |       |        |       |       |        |            |     |         |

**Şekil 9**Hasta verileri hastaları 1 ila 33 arasında numaralandırılmıştır.

## V. TARTIŞMA

Karotis arter plaklarını görüntülemeye SWE yeni kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Doku esnekliği ile ilgili bilgiler ve bu teknik kullanılarak elde edilen sertlik derecesi tanı koymaya yardımcı olmak ve çeşitli patolojileri saptamak için yol göstericidir. Farklı hastalarda terapötik karar verme sürecini yönlendirmede etkin olduğu çalışmalarda gösterilmiştir(11).

Literatürdeki diğer çalışmalarda ortalama yaş 63-68 aralığında değişmekte olup bizim çalışmamızdaki en yaşlı hasta 87 yaşında en genç hasta 52 yaşındaydı ve katılan hastaların yaş ortalaması 66 idi. Karotis arterial sistemde oluşan ve sonografik olarak saptanan plaklar genelde bu yaş ortalamasında daha sık görülmektedir(3). Çalışmamıza katılan 31 hastanın 21'i erkek(%67.7) ve 10'u kadın (%32.3) hasta bulunmakta ve literatürdeki çalışmalarda da genellikle erkek cinsiyetin kadın cinsiyetten daha fazla olduğu göze çarpmaktadır.

Zhe Lou ve ark. yapmış olduğu retrospektif çalışmada 61 hasta çalışmaya dahil edilmiş olup USG ve SWE bulguları karşılaştırılmıştır(3). Bizim çalışmamızda CDUS ile %30 üzerinde ölçülebilir karotis arter plak mevcut hastalar SWE ile değerlendirdik. Zhe LOU ve ark. Grey Weale sınıflamasıyla plakları ekojenitesine göre gruplamış ve hastaları da nörolojik semptomları olan ve olmayan olarak 2 grup altında incelemiştir. Bizim çalışmamızda darlık derecesini gösteren 'Society of Radiologist in Ultrasound' CDUS sınıflaması kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda kullanılan Yaş, hipertansiyon, kolesterol, diyabet, BMI ve aile öyküsü analiz edildiğinde Lou ve arkadaşları bu değişkenlerle anlamlı istatistiksel farklılık saptayamamıştır. Ancak sigara kullanımı ve cinsiyet parametreleri ele alındığında ise p değerleri 0,009 ve 0.03(<0.05) hesaplanarak anlamlı bulunmuştur. Yine bu çalışmada Lou ve ark. USG de saptanan plak yapısı ile SWE bulgularını birlikte değerlendirdiğinde semptomatik hastalarda bu iki değer korelasyon gösterdiğini ve istatistiki açıdan anlamlı olduğunu göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda ise darlık



derecesi ile SWE değerlerinin ilişki analizinde p değeri 0,165 olarak ölçüldü ve her ne kadar literatürdeki diğer çalışmalar tam tersini söylesede anlamlı istatistiki fark bulunmamıştır. Bunun sebepleri olarak hasta sayısının az ve hasta popülasyonumuzun nispeten demografik verilere göre heterojen bir grup olabileceği düşünülmüştür.

Çalışmamızdaki 31 hastanın 16' sı SVO geçiren ve bazıları %90 a yakın darlığı olan hastalardı. Lou ve ark. nörolojik olarak semptomatik hastalardaki plak SWE değerleri ortalama 81 kpa, asemptomatik hastalarda ise ortalama 115 kpa olarak belirlemiştir. Bizim çalışmamızda ise SVO geçiren grubun ortalama SWE değerleri 62 kpa, geçirmeyenlerde ise 78 kpa olarak bulundu. SWE değerleri düşük kararsız plakların daha düşük kpa değerlerine sahip olduğu bizim çalışmamızda da gösterilmiştir. SWE değerleri konusunda Lou ve ark. değerlerin daha yüksek çıkmasının sebebi Hologic Supersonic marka USG cihazını kullanması ve hasta gruplarının daha sert plak yapılarına sahip olması ile açıklanabilir. SWE standardizasyon değerleri cihazdan cihaza değişiklik göstermektedir(3).

Ramnarine ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir diğer araştırma retrospektif tek merkezli çalışmadır(1). Bu çalışmaya 81 hasta dahil edilmiş olup; gri skala bulguları, semptomatik ve asemptomatik hastalardaki demografik veriler ile stenoz derecesi SWE bulgularıyla klinik parametreler ile birlikte korele edilmiştir. Klinik parametreler olarak cinsiyet, BMI, hipertansiyon, aritmi, geçici iskemik atak öyküsü, iskemik kalp hastalığına sahip olma kabul edilmiş, SWE değerleri ve sonografik veriler korele edilmiştir. Bizim çalışmamızda olduğu gibi anlamlı farklılık saptanmamıştır(52). Ancak bu çalışmada, sigara içiciliği ve hasta yaşı ile plak elastikiyeti arasında istatistiki olarak anlamlı ilişkili bulunmuştur. Bizim çalışmaya benzer şekilde 2mm çaplı 2 adet ROI kullanılmış olup plaktan farklı ölçümler yapılmıştır. Ramnarine ve ark. SVO geçiren hastalarda 62 kpa, SVO geçirmeyenlerde ise 88 kpa değerlerini ortalama olarak hesaplamıştır. Bu SWE değerleri ile bizim çalışmamızdaki değerler kıyaslandığında; SVO geçirmeyenlerdeki plak sertliği bizim çalışmamızla benzer şekilde korelasyon göstermektedir. Bizim çalışmamızda SVO geçiren hasta grubunun ortalama SWE değerleri 62

kpa,geçirmeyenlerde ise 78 kpa ölçülmüştür.Bu yönleri ile Ramnarine ve ark. yaptığı çalışma literatürde bizim verilerimize en yakın çalışma olarak karşımıza çıkmaktadır.

Chai ve arkadaşlarının yapmış olduğu 8 adet çıkartılan endarterektomi materyalinin Young modülü ile korelasyon çalışmasında lipitten zengin plaklar ortalama 16 kpa, kollajen içeriği yüksek plaklar 40 kpa, kalsifik plaklar 80 kpa değerleri ölçülmüştür.Bu sonuçlar ile Young modülü değerlerinin daha düşük olmasının sebebi seçilen daha az kalsifik ve homojen plaklar olabileceği belirtilmiştir(53).

Karotis arter plakları ve SWE ile ilgili yapılan bir diğer retrospektif çalışma da ise Di Leo ve arkadaşları karotis endarterektomisi planlanan 43 hastanın CTA,CEUS ve SWE bulgularının değerlendirilmiştir. SWE bulgularını CTA ve CEUS ile kıyaslamasında SWE değerlerinin benzer şekilde korelasyon gösterdiği ve istatistiki açıdan anlamlı olduğu bulunmuştur.Bu çalışmadaki SWE değerleri ise 11-25 kpa arası yumuşak plak,26-65 kpa arası mikst plak, 65 ve üstü ise sert plak olarak kategorize edilmiştir(11). Bizim çalışmamızda SVO geçiren ve geçirmeyen hastalardaki kpa değerleri benzer şekilde korelasyon göstermektedir.Bizim çalışmamızda SVO geçiren gruptaki ortalama SWE değerleri 62 kpa,geçirmeyenlerde ise 78 kpa ölçüldü.

Genel literatür ile çalışmamızı kıyasladığımızda çalışmadaki en önemli kısıtlılıklar,hasta sayımızın az olması ve çalışmanın prospektif olarak belirli bir zaman aralığında gerçekleştirilmesini söyleyebiliriz.Yine çalışmamızdaki bir diğer kısıtlılık ise Grey Weale plak sınıflamasının rutin kullanmamış olmamız gösterilebilir.B-Mode ultrasonografi ile yapılan bu sınıflamada plak morfolojisi esas alınmaktadır.Bizim çalışmamızda SWE ile RDUS bulguları kıyaslandı. Elimizdeki demografik,klinik ve laboratuvar verilerde istatistiki açıdan anlamlı farklılık bulamamıza rağmen,SWE ölçüm değerlerimiz birçok klinik çalışmayla benzerlik göstermektedir.Ayrıca SWEdeğerlendirmesine engel olan diğer etkenlerden, ciddi karotis pulsasyonları ve dokunun nefes

hareket artefakları nefes tutturulması ve birkaç ölçüm oranlaması ile önlenmeye çalışılmıştır.

## VI. SONUÇ

SWE nispeten yeni ancak kolay uygulanabilir bir USG tekniğidir. Karotis plaklarındaki sertlik farklarının değerlendirilmesi plak boyutu ve morfolojisi gibi çeşitli faktörleri dikkate alan plak stabilitesinin değerlendirilmesine büyük katkı sağlamaktadır. Stabil olmayan kırılabilir plak rüptüre olup tromboz ve tromboembolik olaylar çerçevesinde inmeye sebep olabilmektedir. Bu sebeple son yıllarda bu konuda non-invaziv bir yöntem olan SWE devreye girmeye başlamış, plağın bütün bileşenleri değerlendirilerek, plak kırılabilirliği hesaplanmaktadır. Fibröz kısım ve kalsifikasyon içeren plaklar daha yüksek kpa değerlerine sahiptir (53). Hasta sayısının ve çeşitliliğinin kısıtlılığı nedeniyle karotis plakları darlık derecelerinin SWE bulguları ile ilişkisini araştırarak anlamlı bir korelasyon saptayamadığımız çalışmamız sonucunda bu konuda daha geniş klinik parametre ve benzer görüntüleme yöntemlerini içeren kontrollü prospektif çalışmalara gereksinim bulunmaktadır.

Literatürde inme geçiren hasta popülasyonunda SWE uygulanabilirliği ve klinik faydası belirgin ölçüde gösterilmektedir. Yumuşak plakların emboliye yatkınlığı arttırmasından dolayı SWE 'nin klinisyenlere hangi hastalara daha agresif tedavi uygulaması gerektiğini ve iskemik olaylar ortaya çıkmadan hastalara daha erken müdahale gereksinimini kolaylaştırmaktadır. Hasta sayısının ve çeşitliliğini artırarak karotis plakları darlık derecelerinin SWE bulguları ile ilişkisini araştırarak kontrollü prospektif çalışmalara gereksinim bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar, SWE 'nin teknolojik gelişmeler ile birlikte gelecekte rutin olarak kullanılabilir olabileceğini göstermektedir.

## VII. ÖZET

### Karotis Arter Plaklarda Shear Wave Elastografi

**Amaç:**SWE yeni kullanılmaya başlanan bir USG tekniğidir.Klinik çalışmamızda SWE görüntülemenin Young modülünü kullanarak karotis plaklarındaki temsil edilen sertlik değerleri ile risk gruplarının,klinik bulguların ve demografik verilerin karşılaştırılması ve potansiyel klinik faydasının gösterilmesi hedef alınmıştır.

**Gereç ve Yöntemler:**Çalışmaya katılan hastalara TOSHIBA APLIO 500 marka ve model ultrasonografi cihazı 8-13 MHz yüzeyel hertz frekansa sahip lineer probu ile tüm hastaların rutin klinik B-Mode ultrasonografileri yapıldı (Şekil 3). Hastalara sırasıyla B-Mode ultrasonografi,doppler ultrasonografi ve sonoelastografi işlemi aynı seansta tek radyolog tarafından yapıldı. ICA lümenlerinden pik sistolik akım hızı, diyastolik akım hızı, sistolik akım hız oranları ve diyastolik akım hız oranları değerlendirildi. Karotis RDUS ile darlık derecesi tablo 1 de verilen kriterlere uygun şekilde ölçüldü (Şekil 4). Karotid plak üzerinde shear wave sonoelastografi ölçümü aksiyel kesitte 2 farklı noktadan yapılarak ortalamaları alındı (Şekil 5). ROI çapı 2 mm olarak standardize edildi. SWE ölçüm bölgesi kutusu karotisi içerecek şekilde ayarlandı. Kutucuk transvers alanda daha geniş tutularak ölçüm standardize edildi. Hastaların Karotis RDUS,plakların sonografik görüntüleri ve Shear Wave görüntüleri ölçüm değerleri hastanemizdeki PACS(Picture Archiving Comunication System) sistemine kaydedildi.

Plaklar,aynı taraflı beyin hemisferinde 6 ay içerisinde nörolojik semptom olmasına göre semptomatik ve asemptomatik olarak ayrıldı.

Verilerin değerlendirilmesinde IBM SPSS Statistics 22.0 istatistik programı kullanıldı.İstatistik anlamlılık düzeyi  $p<0.05$  kabul edildi.

**Bulgular:**Hastaların demografik bulguları,klinik özellikleri, laboratuvar bulguları CDUS bulgularıyla ölçülen darlık dereceleri, inme geçirme öyküleri ile SWE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

**Sonuç:**SWE nispeten yeni bir USG tekniğidir.Karotis plaklarındaki sertlik farklarının değerlendirilmesi plak boyutu ve morfolojisi gibi çeşitli faktörleri dikkate alan plak stabilitesinin değerlendirilmesine büyük katkı sağlamaktadır.Bu çalışmamızda Karotis plakları olan hastalarda klinik ve laboratuvar verileri,demografik verileri,CDUS ile ölçtüğümüz darlık derecelerini SWE bulguları ile ilişkisini araştırdık.Ancak anlamlı bir korelasyon saptamadık.Hasta sayısının ve çeşitliliğinin kısıtlılığı nedeniyle bu konuda daha geniş klinik parametre ve benzer görüntüleme yöntemlerini içeren kontrollü prospektif çalışmalara gereksinim vardır.

**Anahtar kelimeler:**Karotis Arter Plak,shear wave, elastografi,ultrason

## VIII. İNGİLİZCE ÖZET

### Shear Wave Elastography in Carotid Artery Plaques

**Purpose:**SWE is a newly used USG technique. In our clinical study, it was aimed to compare the represented hardness values in the carotid plaques and the risk groups, clinical findings and demographic data and demonstrate their potential clinical benefit by using the Young module of SWE imaging.

**Materials and Methods:**Patients who have measurable plaque in Arteria Carotis Interna over 18 years of age who applied to the ultrasonography clinic of Manisa Celal Bayar University Faculty of Medicine

Radiology Department between November 2019 and March 2020 were included in our study. TOSHIBA APLIO 500 brand and model ultrasonography device was used to measure stenosis with carotid doppler ultrasonography. Peak systolic flow velocity, diastolic flow velocity, systolic flow velocity and diastolic flow velocity ratios were evaluated. Routine clinical B-Mode ultrasound of all patients was performed. Shear wave sonoelastography measurement was performed on the carotid plate from 2 different points in the axial section. The diameter of the ROI was standardized as 2mm. The SWE measurement area box was adjusted to include carotid. The measurement was standardized by keeping the carotid Doppler USG of the patients, sonographic images of the plates and Shear Wave images were thrown into the PACS system in our hospital. IBM SPSS Statistics 22.0 statistics program was used to evaluate the data. Statistical significance level was accepted as  $p < 0.05$ .

**Results:** There was no statistically significant relationship between demographic findings, clinical features, laboratory findings, degrees of stenosis measured by CDUS findings, history of stroke, and SWE values.

**Conclusion:** SWE is a relatively new USG technique. Assessment of stiffness differences in carotid plaques makes a major contribution to the assessment of plaque stability, which takes into account various factors such as plaque size and morphology. In this study, we investigated the relationship between clinical and laboratory data, demographic data, and the degrees of stenosis measured by CDUS in patients with carotid plaques. However, we did not find a significant correlation. Prospective studies are needed.

**Keywords:** Carotid Artery Plaques, Shear Wave, Elastography, Ultrasound

## IX. KAYNAKLAR

1. Ramnarine K V., Garrard JW, Kanber B, Nduwayo S, Hartshorne TC, Robinson TG. Shear wave elastography imaging of carotid plaques: Feasible, reproducible and of clinical potential. *Cardiovasc Ultrasound*. 2014;12(1).
2. Widman E, Maksuti E, Amador C, Urban MW, Caidahl K, Larsson M. Shear Wave Elastography Quantifies Stiffness in Ex Vivo Porcine Artery with Stiffened Arterial Region. *Ultrasound Med Biol*. 2016;42(10):2423–35.
3. Lou Z, Yang J, Tang L, Jin Y, Zhang J, Liu C, et al. Shear Wave Elastography Imaging for the Features of Symptomatic Carotid Plaques: A Feasibility Study. *A. J Ultrasound Med*. 2017;36(6):1213–23.
4. Widman E, Maksuti E, Larsson M, Bjallmark A, Caidahl K, D'Hooge J. Shear wave elastography for characterization of carotid artery plaques-A feasibility study in an experimental setup. *IEEE Int Ultrason Symp IUS*. 2012;
5. Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound Q*. 2007;23(4):255–68.
6. Cosgrove D, Piscaglia F, Bamber J, Bojunga J, Correias JM, Gilja OH, et al. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the clinical use of ultrasound elastography part 2: Clinical applications. *Ultraschall der Medizin*. 2013;34(3):238–53.
7. Onur MR, Poyraz AK, Ucak EE, Bozgeyik Z, Özercan IH, Ogur E. Semiquantitative strain elastography of liver masses. *J Ultrasound Med*. 2012;31(7):1061–7.
8. Havre RF, Elde E, Gilja OH, Ödegaard S, Eide GE, Matre K, et al. Freehand Real-Time Elastography: Impact of Scanning Parameters on Image Quality and In Vitro Intra- and Interobserver Validations. *Ultrasound*

Med Biol. 2008;34(10):1638–50.

9. Ferraioli G, Tinelli C, Zicchetti M, Abov E, Poma G, Di Gregorio M, et al. Reproducibility of real-time shear wave elastography in the evaluation of liver elasticity. Eur J Radiol [Internet]. 2012;81(11):3102–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2012.05.030>

10. Balleyguier C, Canale S, Ben Hassen W, Vielh P, Bayou EH, Mathieu MC, et al. Breast elasticity: Principles, technique, results: An update and overview of commercially available software. Eur J Radiol [Internet]. 2013;82(3):427–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2012.03.001>

11. Di Leo N, Venturini L, de Soccio V, Forte V, Lucchetti P, Cerone G, et al. Multiparametric ultrasound evaluation with CEUS and shear wave elastography for carotid plaque risk stratification. J Ultrasound [Internet]. 2018;21(4):293–300. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40477-018-0320-7>

12. Zhuo J, Ma Z, Fu WJ, Liu SP. Differentiation of benign from malignant thyroid nodules with acoustic radiation force impulse technique. Br J Radiol. 2014;87(1035):217–23.

13. Ozkan F, Yavuz YC, Inci MF, Altunoluk B, Ozcan N, Yuksel M, et al. Interobserver Variability of Ultrasound Elastography in Transplant Kidneys: Correlations With Clinical-Doppler Parameters. Ultrasound Med Biol. 2013;39(1):4–9.

14. Cusick SS, Nielsen TJ. Physics of ultrasound. Fifth Edit. Clinical Emergency Radiology. Elsevier Inc.; 2008. 209–217 p.

15. Singla V, Prakash A, Prabhakar N, Singh T, Bal A, Singh G, et al. Does Shear Wave Elastography Score Over Strain Elastography in Breast Masses or Vice Versa? Curr Probl Diagn Radiol. 2020;49(2):96–101.

16. Jeon SK, Lee JM, Joo I, Yoon JH, Lee DH, Han JK. Two-dimensional Shear Wave Elastography with Propagation Maps for the Assessment of Liver Fibrosis and Clinically Significant Portal Hypertension in Patients with Chronic Liver Disease: A Prospective Study. Acad Radiol. 2019;



17. Bluth EI, Johnson SI, Troxclair L. Chapter 26 - The Extracranial Cerebral Vessels [Internet]. Fifth Edit. Diagnostic Ultrasound, 2-Volume Set. Elsevier Inc.; 2018. 915–963 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-40171-5.00026-2>
18. Frakes D, Cheng CP. Arteries of the Head and Neck [Internet]. Handbook of Vascular Motion. Elsevier Inc.; 2019. 117–138 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-815713-8.00007-3>
19. Barral J-P, Croibier A. The internal carotid artery and its branches. Visc Vasc Manip. 2011;160–5.
20. Hicks CW, Malas MB. Cerebrovascular Disease : Carotid Artery Stenting [Internet]. Ninth Edit. Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy, 2-Volume Set. Elsevier Inc.; 2019. 1215-1233.e4 p. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42791-3.00092-X>
21. Barral J-P, Croibier A. The external carotid artery. Visc Vasc Manip. 2011;139–42.
22. Bonati LH, Brown MM. Carotid Artery Disease [Internet]. Sixth Edit. Stroke: Pathophysiology, Diagnosis, and Management. 2015. 326–346 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-29544-4.00022-0>
23. Khandelwal P, Yavagal DR, Sacco RL. Acute Ischemic Stroke Intervention. J Am Coll Cardiol [Internet]. 2016;67(22):2631–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2016.03.555>
24. Hoshino M, Kanaji Y, Sugano A, Yamaguchi M, Hada M, Sumino Y, et al. Prevalence of Thin Cap Fibroatheroma and Plaque Rupture in Relation To the Physiological Stenosis Severity Determined By Fractional Flow Reserve and Coronary Flow Reserve. J Am Coll Cardiol [Internet]. 2019;73(9):1123. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097\(19\)31730-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097(19)31730-9)
25. Li ZY, Gillard JH. Plaque Rupture: Plaque Stress, Shear Stress, and Pressure Drop (DOI:10.1016/j.jacc.2008.04.040). J Am Coll Cardiol [Internet]. 2008;52(13):1106–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2008.08.004>
26. Yamamoto E, Thondapu V, Poon E, Sugiyama T, Fracassi F,

Dijkstra J, et al. Endothelial Shear Stress and Plaque Erosion: A Computational Fluid Dynamics and Optical Coherence Tomography Study. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(2):374–5.

27. Funaki T, Iihara K, Miyamoto S, Nagatsuka K, Hishikawa T, Ishibashi-Ueda H. Histologic characterization of mobile and nonmobile carotid plaques detected with ultrasound imaging. *J Vasc Surg* [Internet]. 2011;53(4):977–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2010.10.105>

28. Stone PH, Maehara A, Coskun AU, Maynard CC, Zaromytidou M, Siasos G, et al. Role of Low Endothelial Shear Stress and Plaque Characteristics in the Prediction of Nonculprit Major Adverse Cardiac Events: The PROSPECT Study. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11(3):462–71.

29. Grundy SM, Pasternak R, Smith S, Fuster V. AHA / ACC Scientific Statement Assessment of Cardiovascular Risk by Use of Multiple-Risk-Factor Assessment Equations Association and the American College of Cardiology. *Circulation*. 1999;1097(99):1348–59.

30. Denke MA, Grundy SM. Hypercholesterolemia in elderly persons: Resolving the treatment dilemma. *Ann Intern Med*. 1990;112(10):780–92.

31. Rasheed Q, Nair R, Sheehan H, Hodgson JMB. Correlation of intracoronary ultrasound plaque characteristics in atherosclerotic coronary artery disease patients with clinical variables. *Am J Cardiol*. 1994;73(11):753–8.

32. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. The New England Journal of Medicine Downloaded from [nejm.org](http://nejm.org) at INSERM DISC DOC on October 6, 2015. For personal use only. No other uses without permission. Copyright © 1991 Massachusetts Medical Society. All rights reserved. *N Engl J Med*. 1991;325:445–53.

33. Report C. Coronary artery bypass grafting in identical twins : a 6-year angiographic follow-up. 2005;13(4):362–5.

34. Roberts WC. Preventing and arresting coronary atherosclerosis. *Am Heart J*. 1995;130(3 PART 1):580–600.

35. Roberts WC. Frequency of systemic hypertension in various cardiovascular diseases. *Am J Cardiol.* 1987;60(9):1–8.
36. Grundy SM, Wilhelmsen L, Rose G, Campbell RWF, Assman G. Coronary heart disease in high-risk populations: Lessons from Finland. *Eur Heart J.* 1990;11(5):462–71.
37. Mosca L, Grundy SM, Judelson D, King K, Limacher M, Oparil S, et al. Guide to Preventive Cardiology for Women. AHA/ACC Scientific Statement Consensus panel statement. *Circulation* [Internet]. 1999;99(18):2480–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10318674>
38. Malhotra P, Kumar R, Kumari S, Singh MM. Dysglycaemia and risk of cardiovascular disease. *Lancet.* 1996;347(9018):1835.
39. McCullough J. Consensus Development Conference on Autologous Transfusion. *Transfusion.* 2009;36(7):589–589.
40. To IME. E b c — t g m ? 1997;1311–20.
41. Jee SH, Suh I, Kim IS, Appel LJ. Smoking and Atherosclerotic Cardiovascular Disease in Men With Low Levels of Serum Cholesterol. *Jama.* 1999;282(22):2149.
42. Wang M, Monticone RE, Lakatta EG. The Aging Arterial Wall. *Handbook of the Biology of Aging: Eighth Edition.* 2016. 359–389 p.
43. Sumpio B, Chin J. Vessel Wall Biology [Internet]. Ninth Edit. Vol. 1, Rutherford's Vascular Surgery. Elsevier Inc.; 2014. 34-48.e2 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4557-5304-8.00003-0>
44. Naghavi M, Libby P, Falk E, Casscells SW, Litovsky S, Rumberger J, et al. From vulnerable plaque to vulnerable patient: A call for new definitions and risk assessment strategies: Part I. *Circulation.* 2003;108(14):1664–72.
45. Grant EG, Melany M. Ultrasound Assessment of Carotid Stenosis [Internet]. Seventh Ed. Introduction to Vascular Ultrasonography. Elsevier Inc.; 2012. 158–173 p. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42882-8.00007-4>
46. Lal BK. 87. Cerebrovascular Disease : The Unstable Carotid

Plaque [Internet]. Ninth Edit. Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy, 2-Volume Set. Elsevier Inc.; 2019. 1140-1148.e2 p. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42791-3.00087-6>

47. Grant EG, Benson CB, Moneta GL, Alexandrov A V., Baker JD, Bluth EI, et al. Carotid artery stenosis: grayscale and Doppler ultrasound diagnosis--Society of Radiologists in Ultrasound consensus conference. *Ultrasound Q*. 2003;19(4):190–8.

48. Mph JFP. 6 - Evaluating Carotid Plaque and Carotid Intima-Media Thickness [Internet]. Seventh Ed. Introduction to Vascular Ultrasonography. Elsevier Inc.; 2020. 110–138 p. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42882-8.00006-2>

49. Comerota AJ, Cranley JJ, Katz ML, Cook SE, Sippel PJ, Hayden WG, et al. Real-time B-mode carotid imaging. A three-year multicenter experience. *J Vasc Surg*. 1984;1(1):84–95.

50. Koelemay MJW, Nederkoorn PJ, Reitsma JB, Majoie CB. Systematic review of computed tomographic angiography for assessment of carotid artery disease. *Stroke*. 2004;35(10):2306–12.

51. Chen CJ, Lee TH, Hsu HL, Tseng YC, Lin SK, Wang LJ, et al. Multi-Slice CT Angiography in Diagnosing Total Versus Near Occlusions of the Internal Carotid Artery: Comparison with Catheter Angiography. *Stroke*. 2004;35(1):83–5.

52. Ramnarine K V., Garrard JW, Dexter K, Nduwayo S, Panerai RB, Robinson TG. Shear wave elastography assessment of carotid plaque stiffness: Invitro reproducibility study. *Ultrasound Med Biol*. 2014;40(1):200–9.

53. Chai CK, Akyildiz AC, Speelman L, Gijsen FJH, Oomens CWJ, van Sambeek MRHM, et al. Local axial compressive mechanical properties of human carotid atherosclerotic plaques-characterisation by indentation test and inverse finite element analysis. *J Biomech* [Internet]. 2013;46(10):1759–66. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.03.017>

54. Serfaty JM, Nonent M, Nighoghossian N, Rouhart F, Derex L, Rotaru C, et al. Plaque density on CT, a potential marker of ischemic stroke.

Neurology. 2006;66(1):118–20.

55. Lei Z, Qiang Y, Tianning P, Jie L. Quantitative assessment of carotid atherosclerotic plaque: Initial clinical results using ShearWave™ Elastography. *Int J Clin Exp Med*. 2016;9(6):9347–55.

